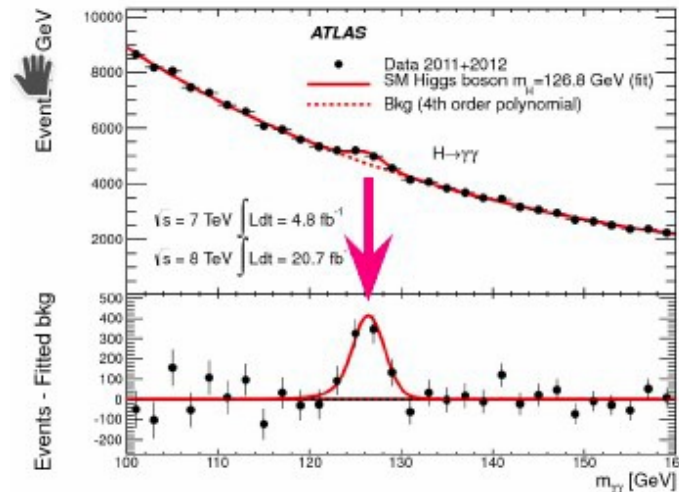
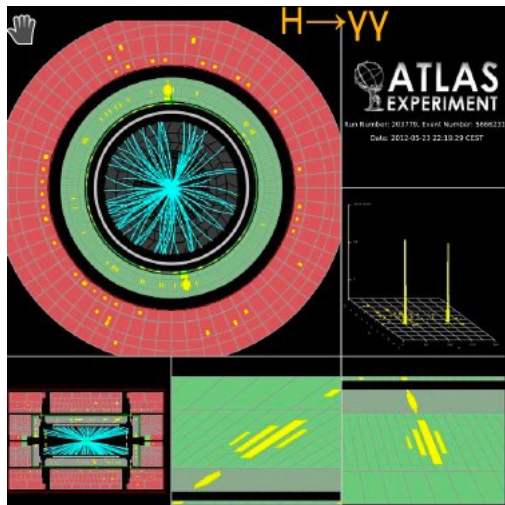


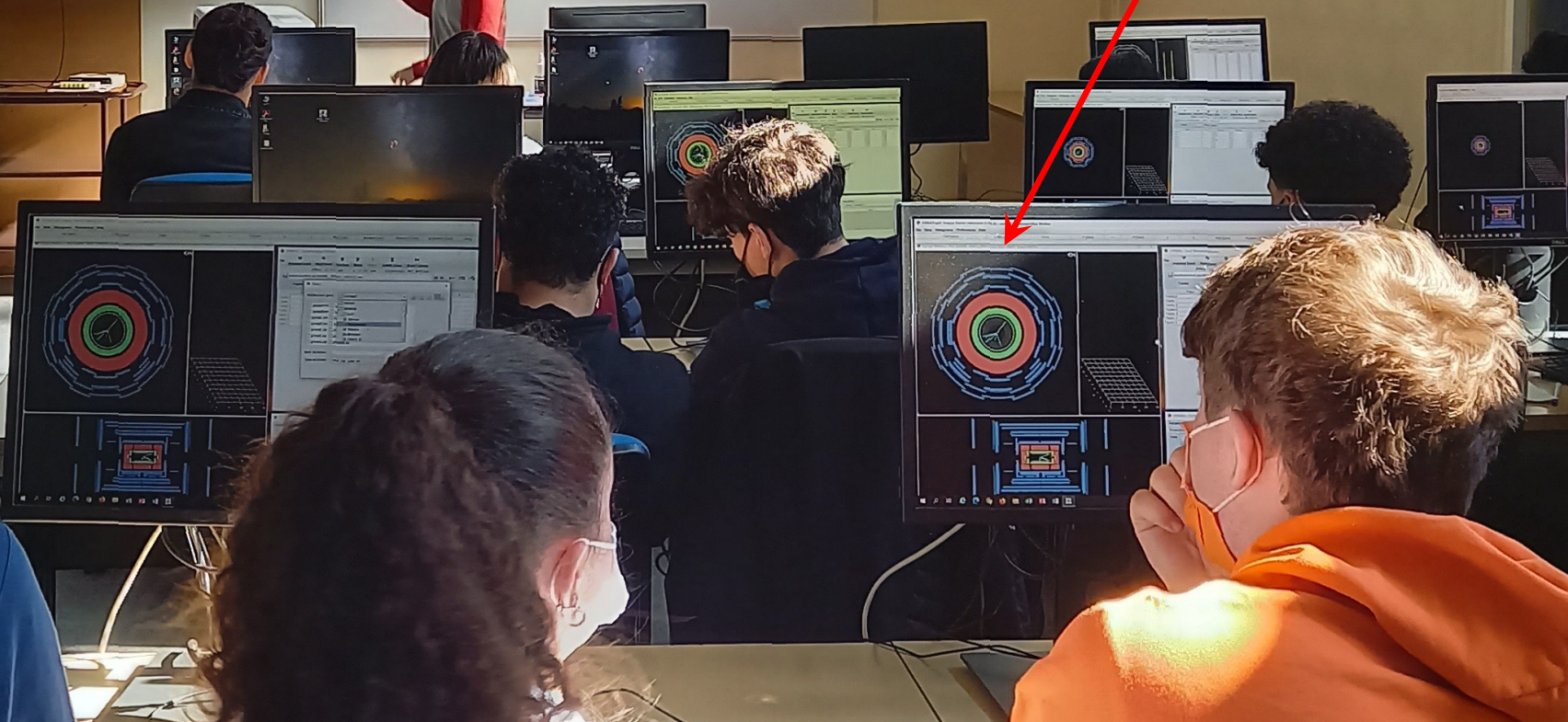
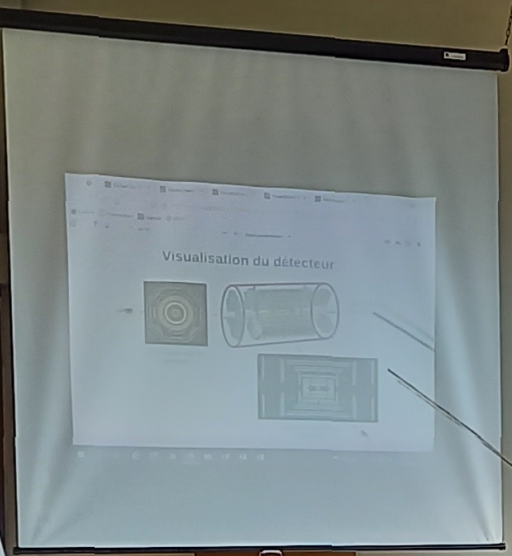
Recherche du boson Z, du boson de Higgs et de nouvelle physique

--- Exercice pratique ---



Logiciel
HYPATHIA

A Strasbourg



Des données à analyser ?

Des 0 et
des 1



Centre informatique



```
154  
155 function updatePhotoDescription() {  
156   if (descriptions.length > (page * 1) + (parentImage  
157     document.getElementById('img'+parentImage)  
158  
159  
160  
161 function updateAllImages() {  
162   var i = 1;  
163   while (i < 10) {  
164     var elementId = 'foto' + i;  
165     var elementIdBig = 'bigimg' + i;  
166     if (page * 1 + i - 1 < photos.length) {  
167       document.getElementById(elementId)
```

Données analysables par les
physiciens

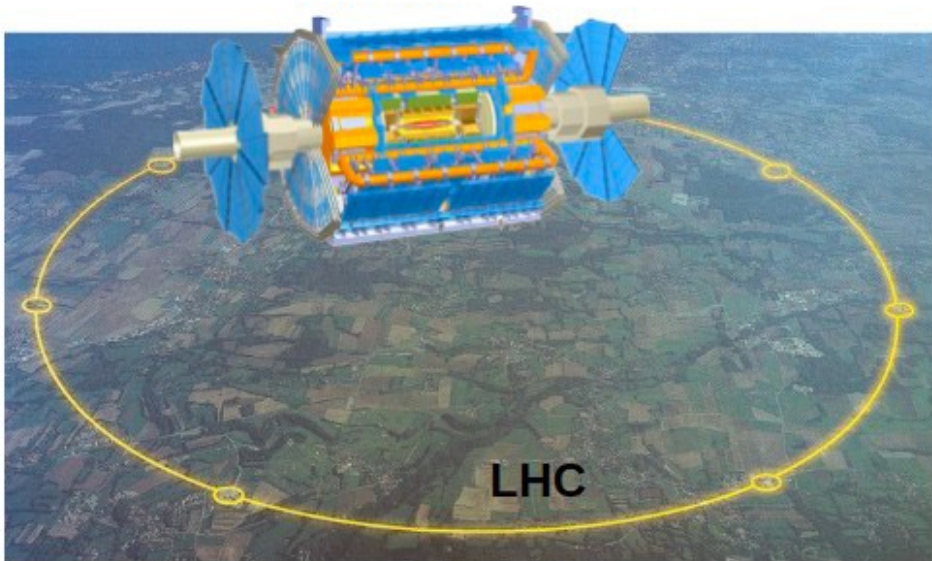
Étude quantitative



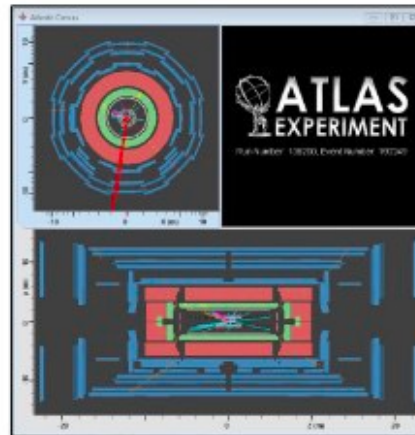
Données
analysables par
des lycéens

Étude
qualitative

ATLAS



LHC



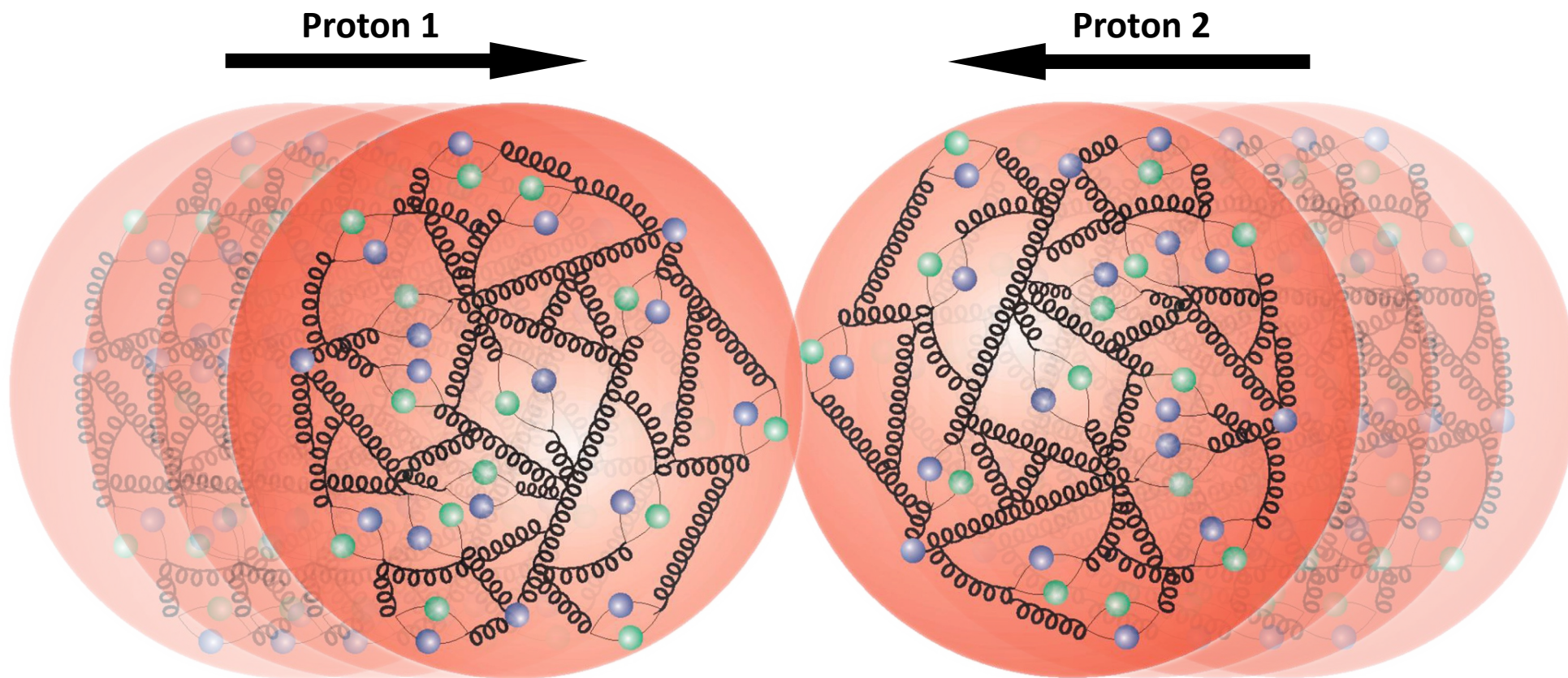
Très visuel

- 😊 Permet de bien comprendre
- 😞 On ne peut analyser qu'un nombre limité d'événements



Ce qu'on cherche, et comment
???

Collision de protons --- Qu'est-ce que cela veut dire ?

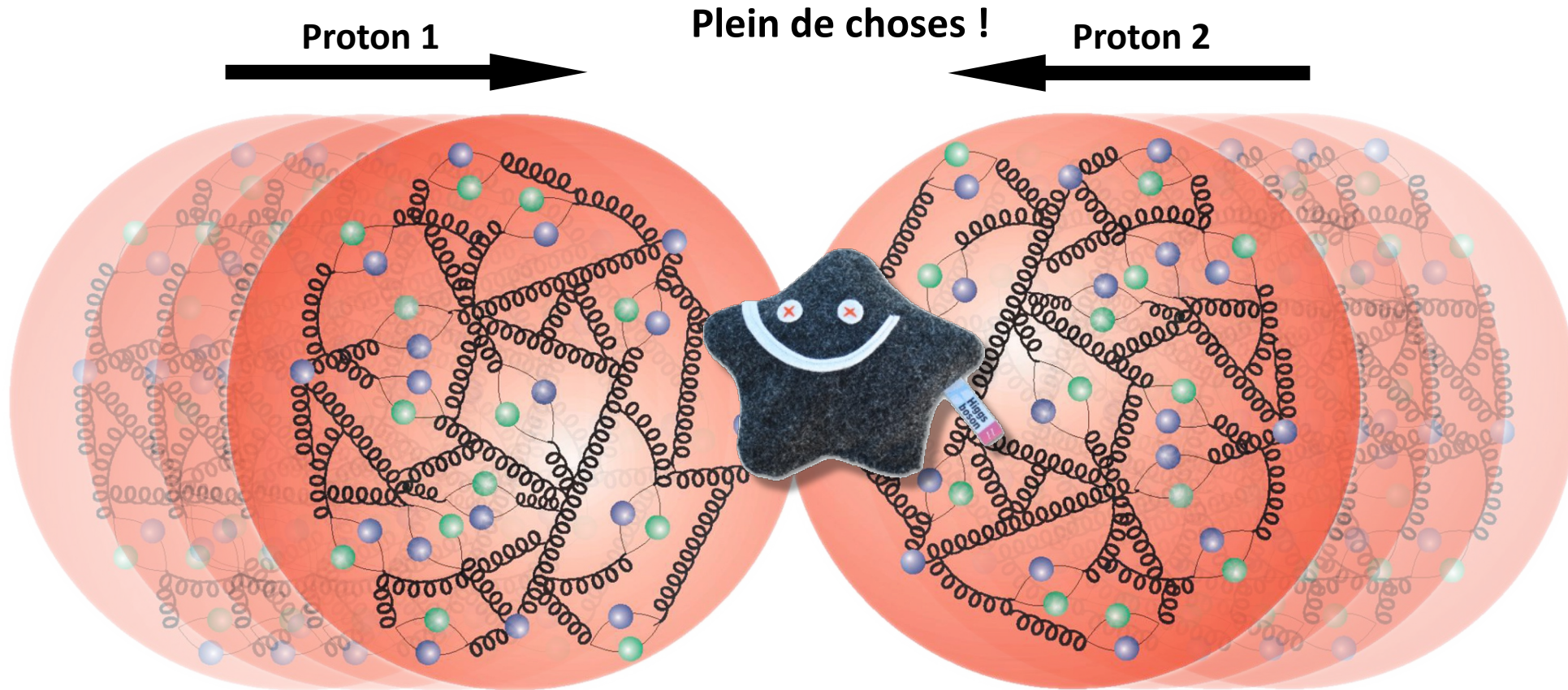


Création de nouvelles particules

- Plein de possibilités
- La plupart ne nous intéressent pas
- Mais...

Qu'est-ce qu'on cherche ?

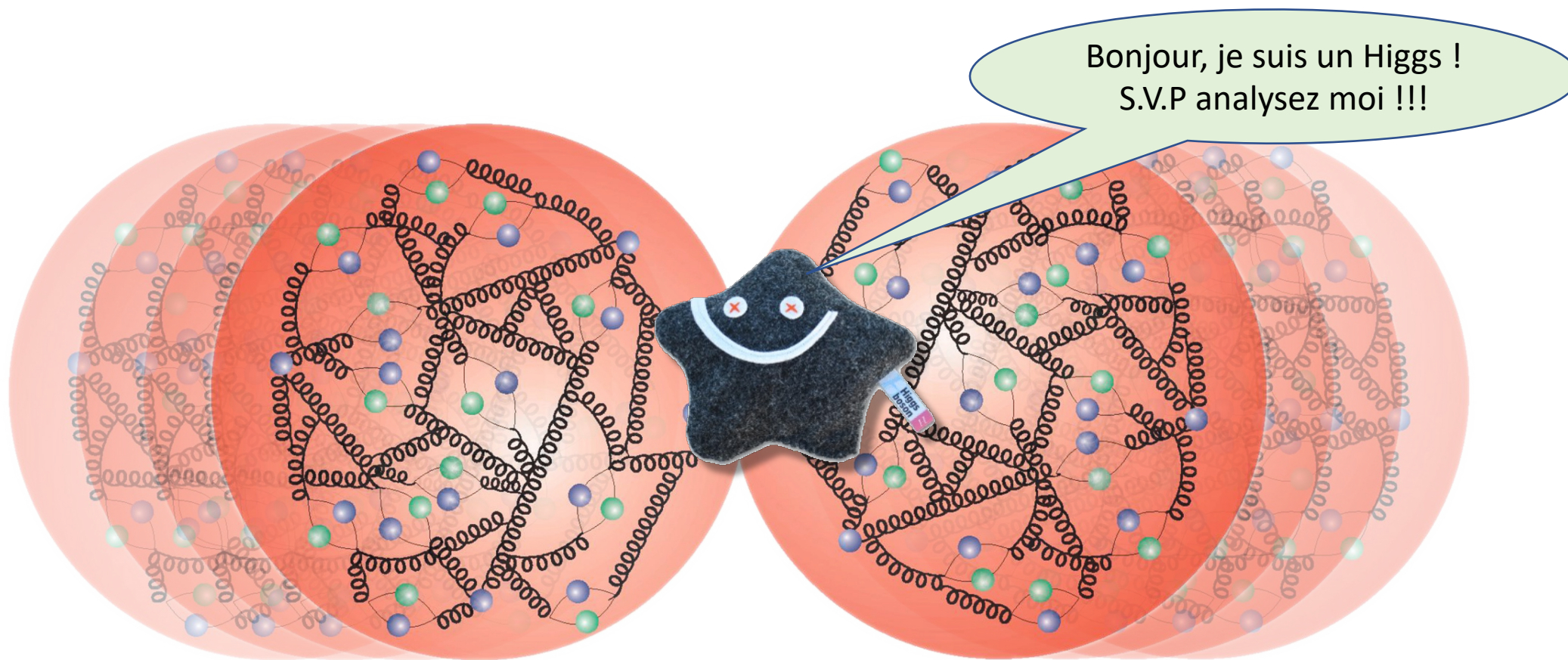
Réponse:



Exemple d'interactions intéressantes (qu'on verra aujourd'hui) :

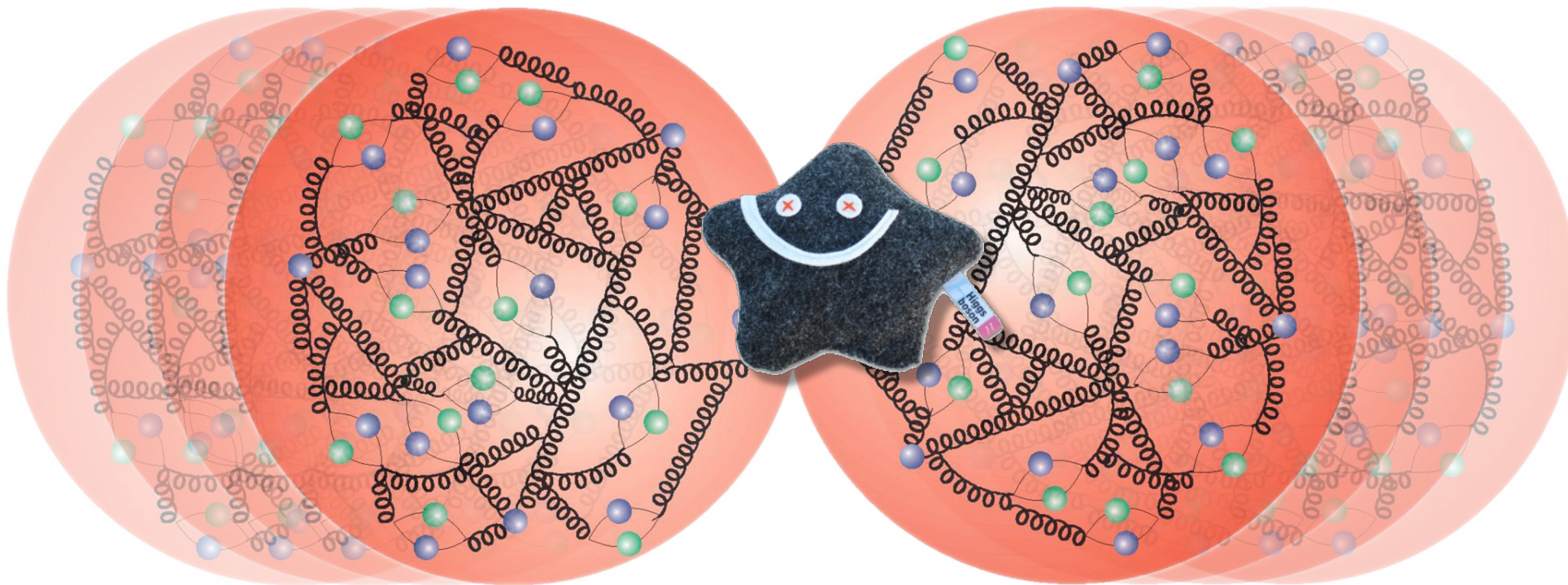
- Création d'un **boson Z**
- Création d'un **boson de Higgs**
- Des **particules nouvelles** (qu'on n'a jamais vues)

Comment identifier les particules?



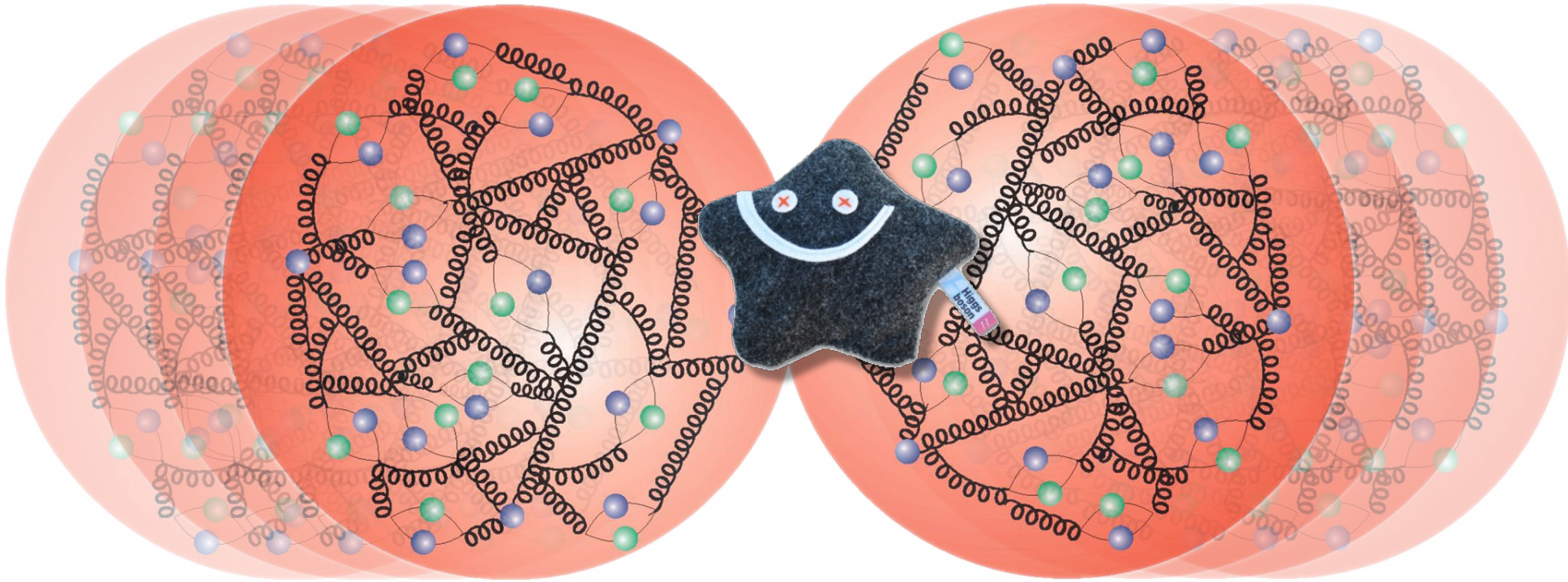
Comment identifier les particules?

Défi : Ces particules se désintègrent quasiment tout de suite
→ On ne les voit pas



Comment identifier les particules?

Défi : Ces particules se désintègrent quasiment tout de suite
→ On ne les voit pas



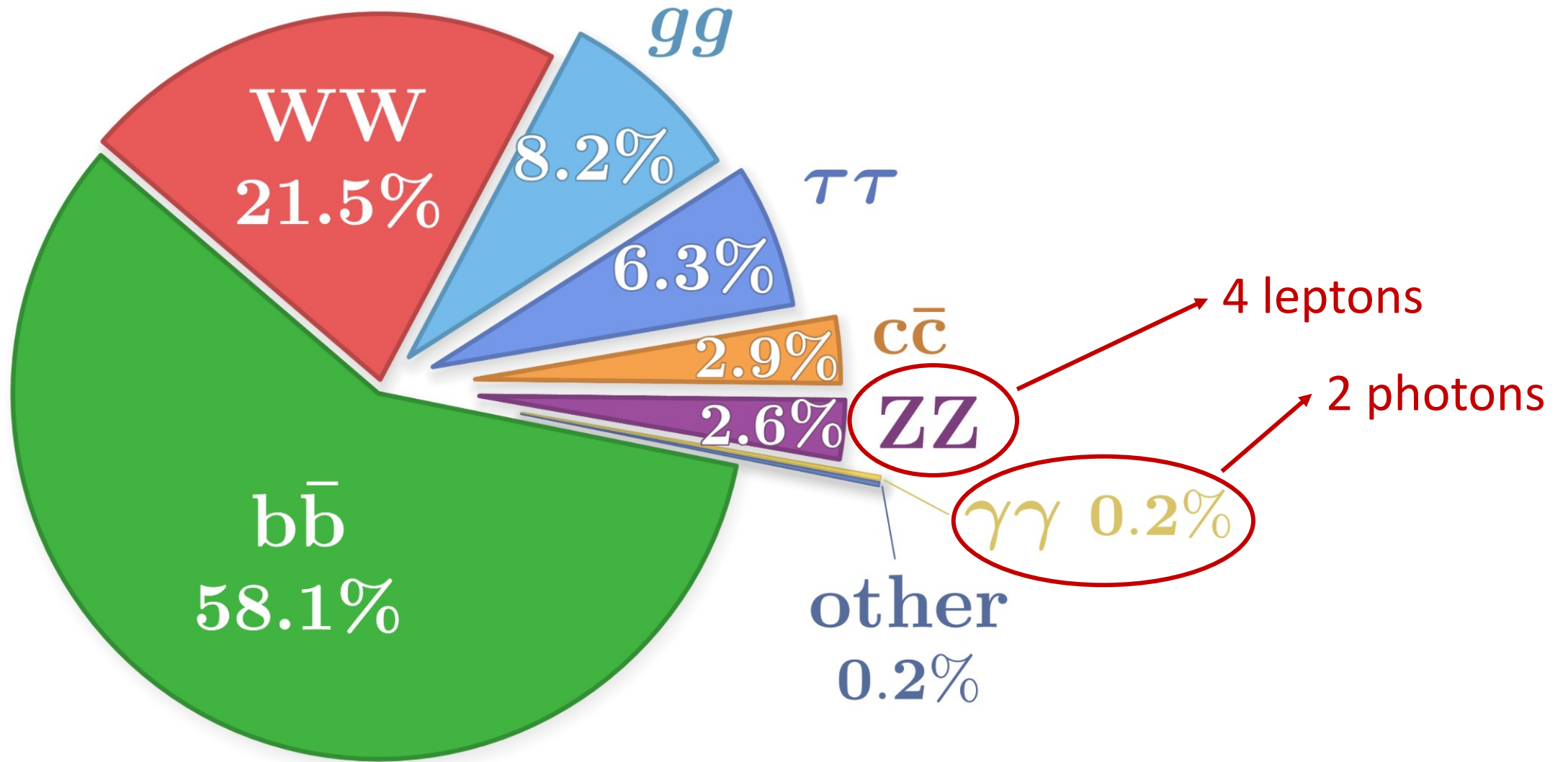
Atouts:

- On sait comment elles se désintègrent
- Les particules qui en sortent sont détectables

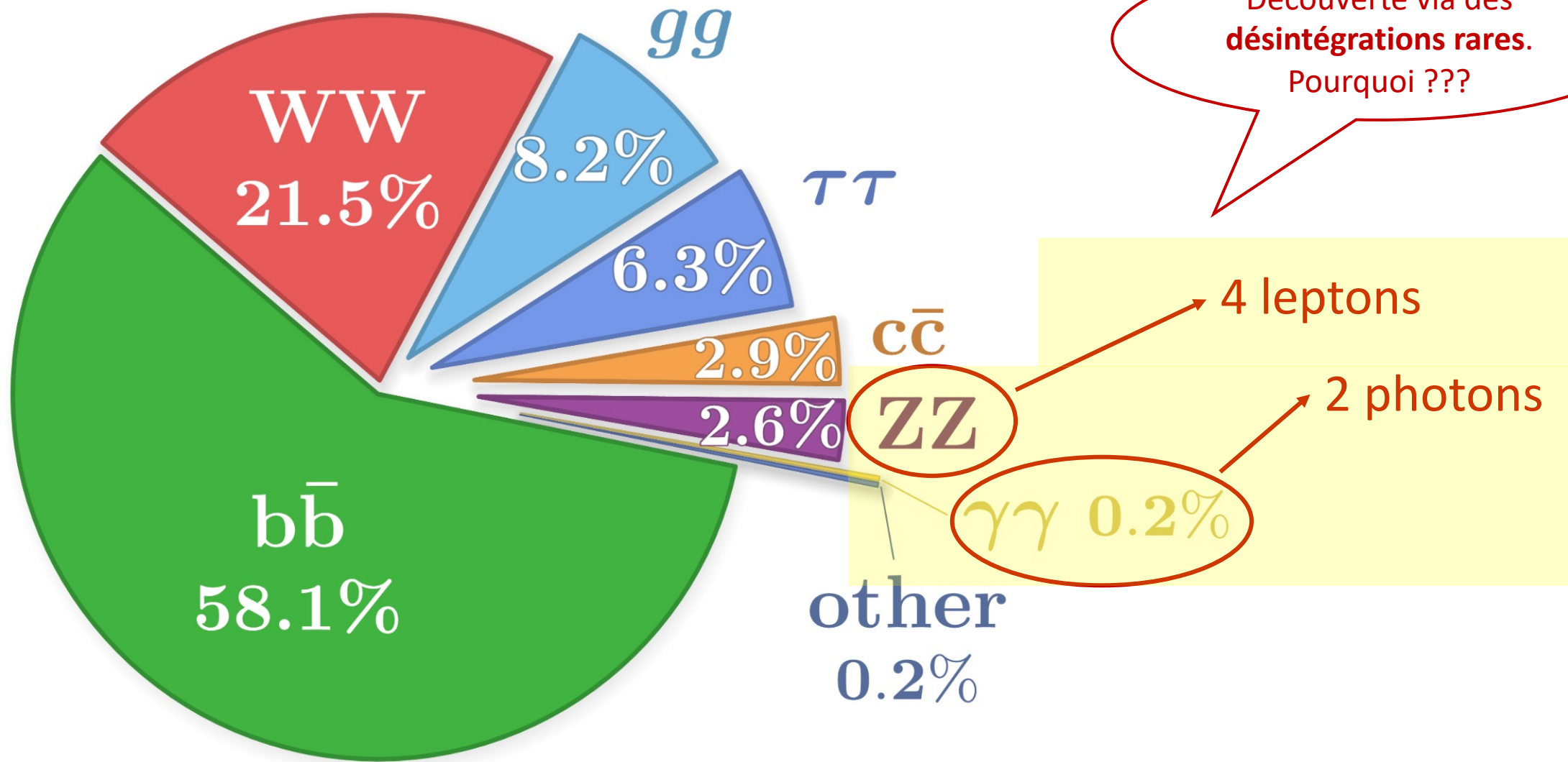


Il suffit de les "reconstruire"

Désintégration du boson de Higgs



Désintégration du boson de Higgs

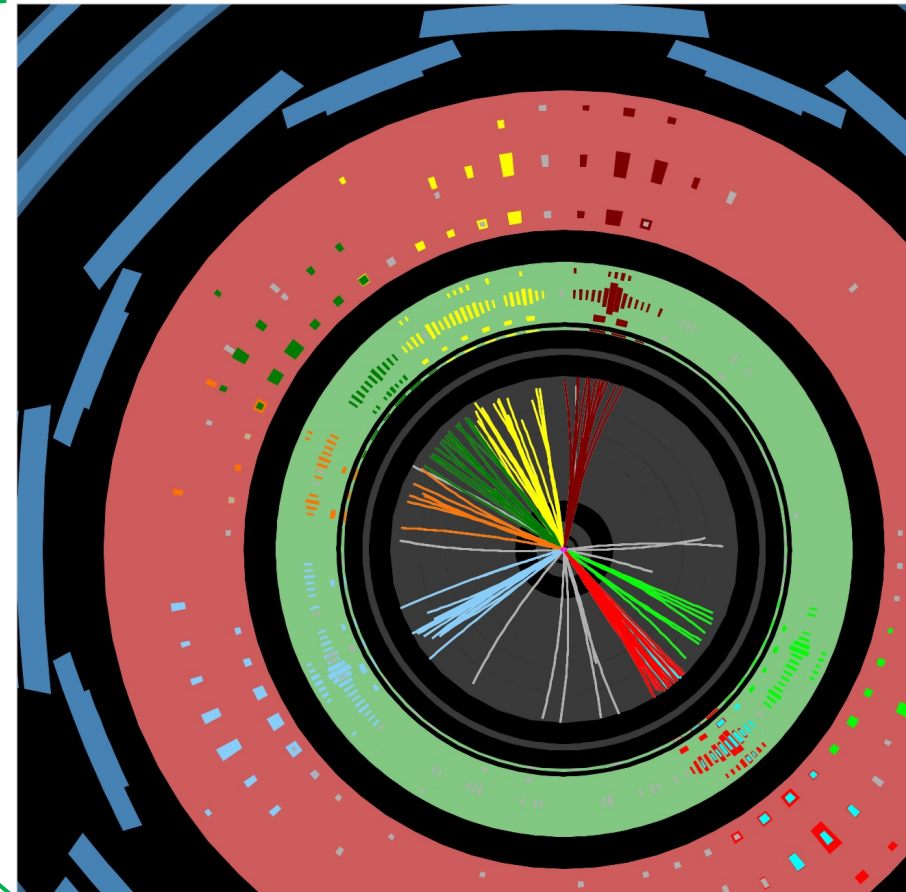
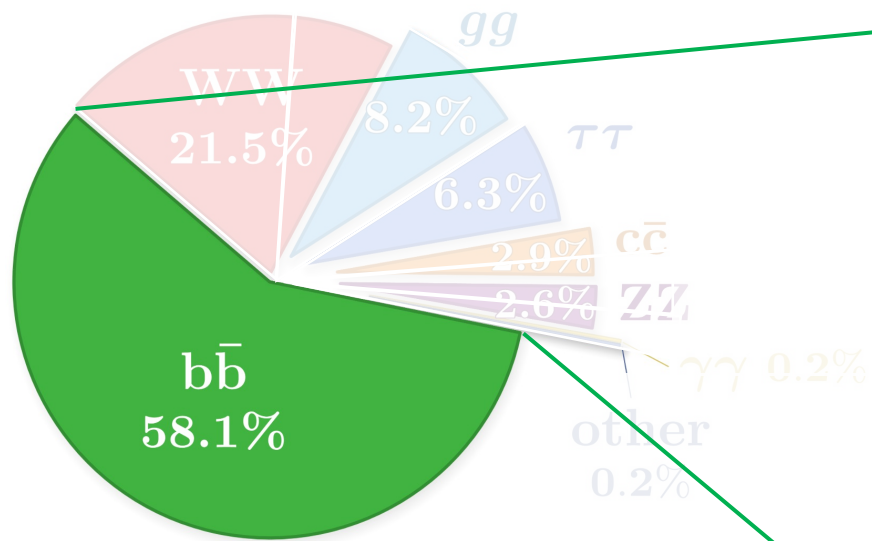


Identifier les produits de désintégration

Exemple

Higgs \rightarrow quark b + anti quark b

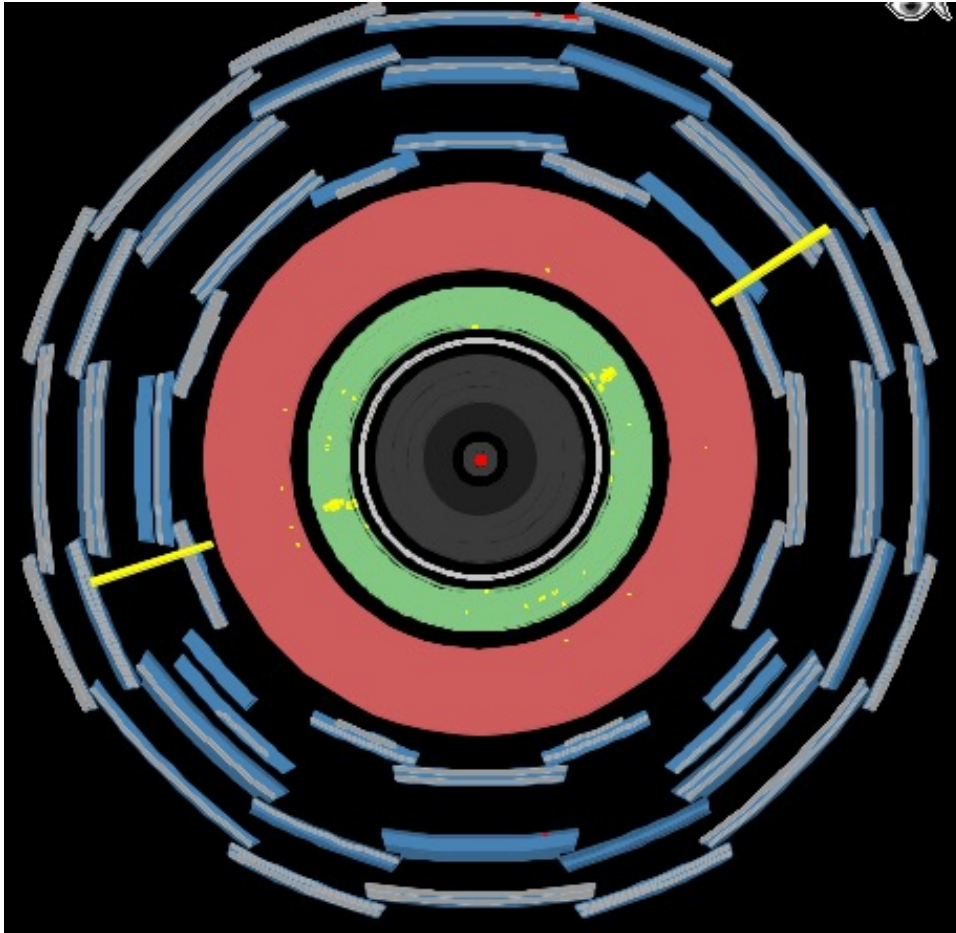
Quarks b sous forme de “gerbes de particules”
 \rightarrow **qui trouve les 2 jets b là-dedans ?**



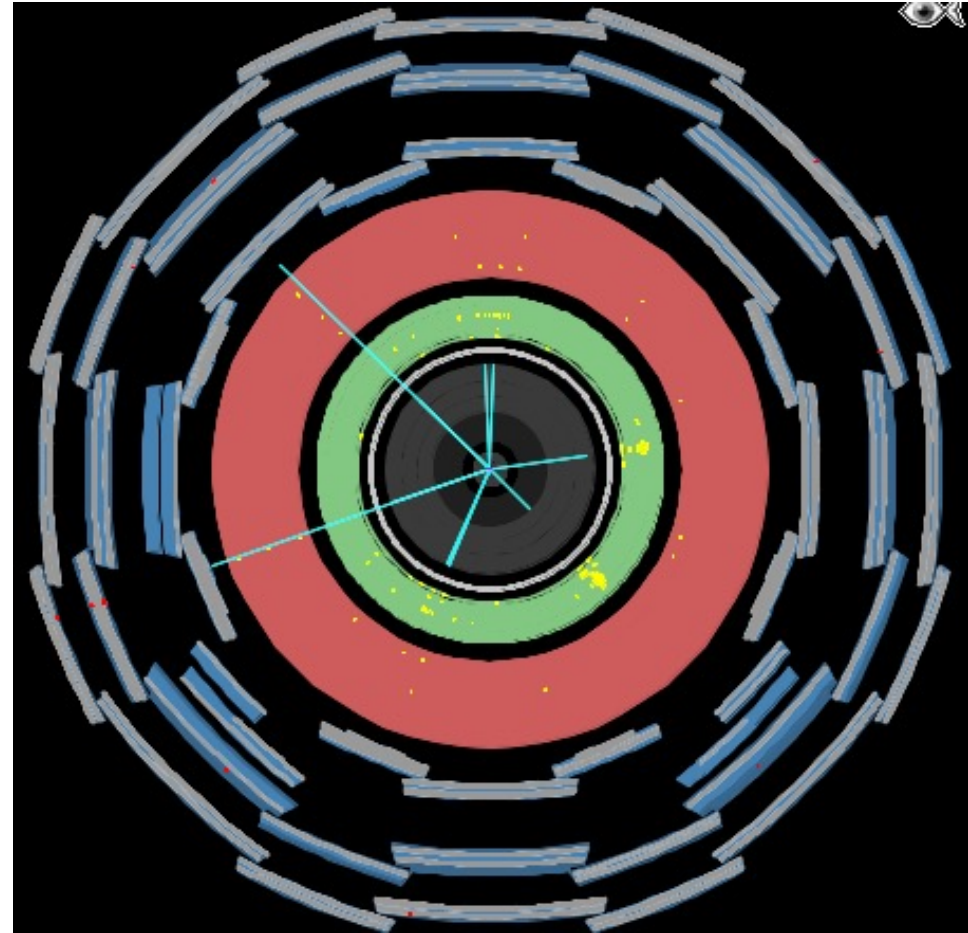
Difficile à reconstruire et de mesurer l'énergie;
On le fait... mais pas aujourd'hui ;-)

Identifier les produits de désintégration

Higgs \rightarrow 2 photons

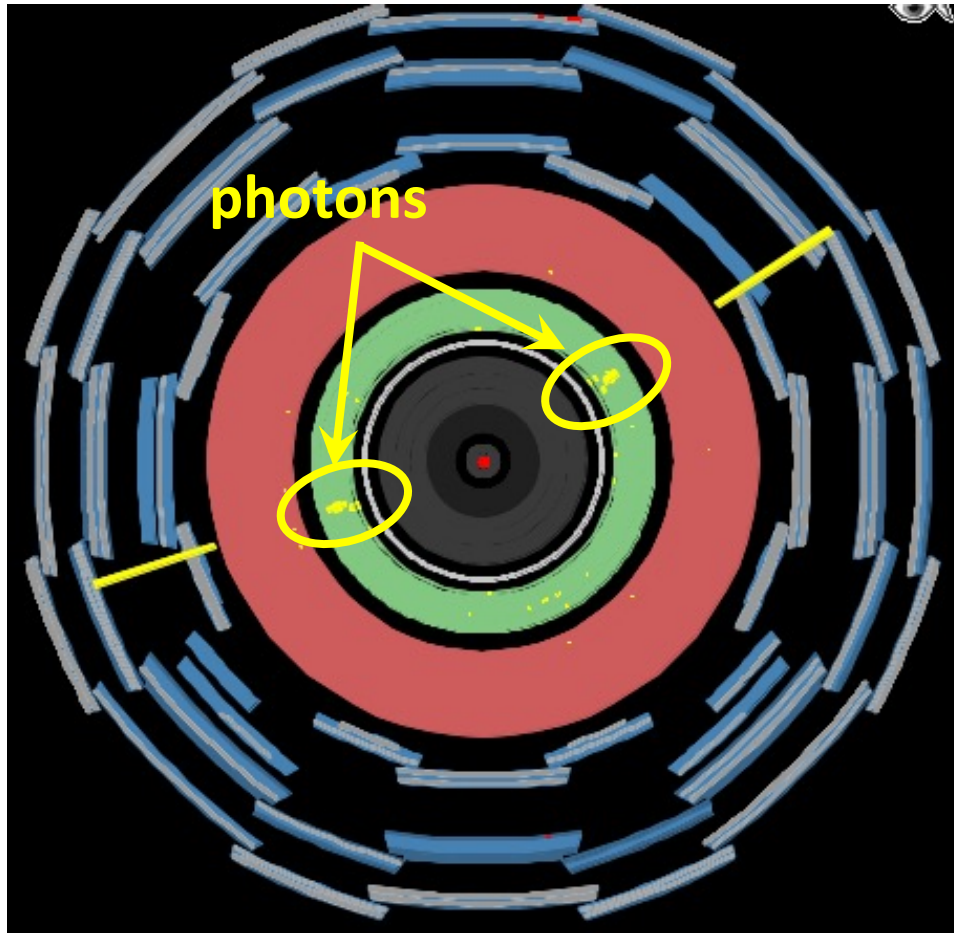


Higgs \rightarrow muon+anti-muon & electron+positron

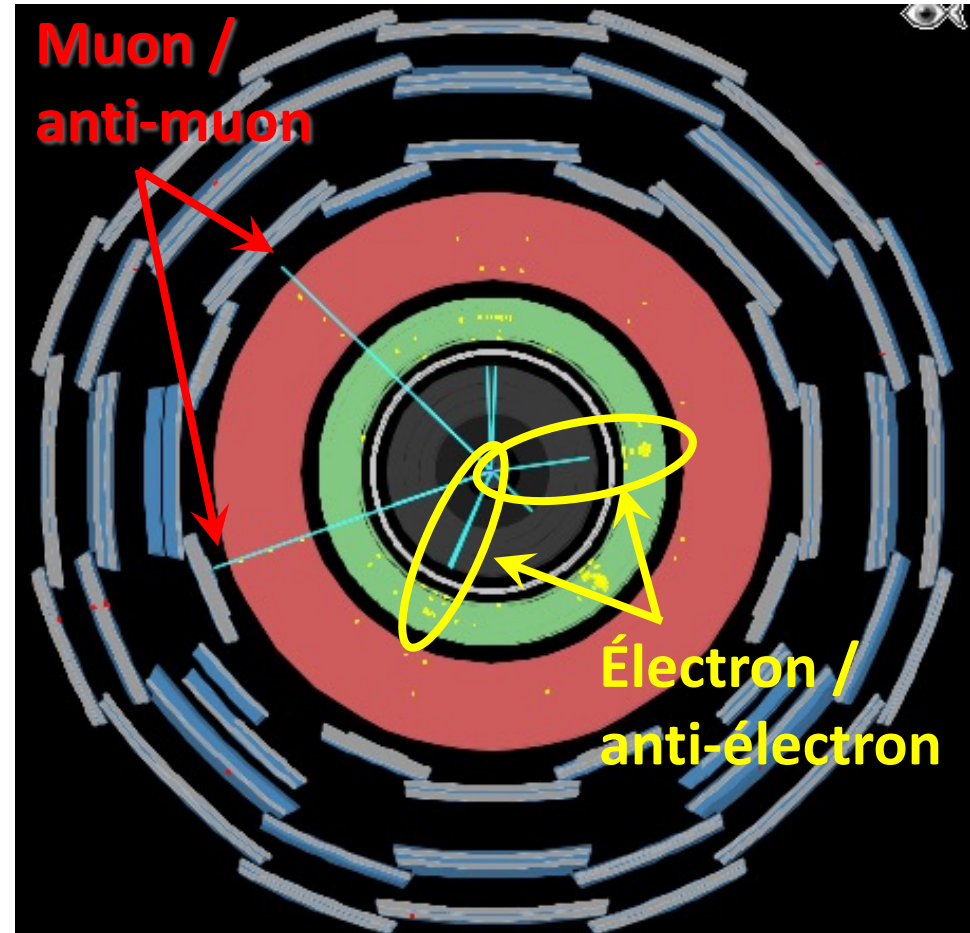


Identifier les produits de désintégration

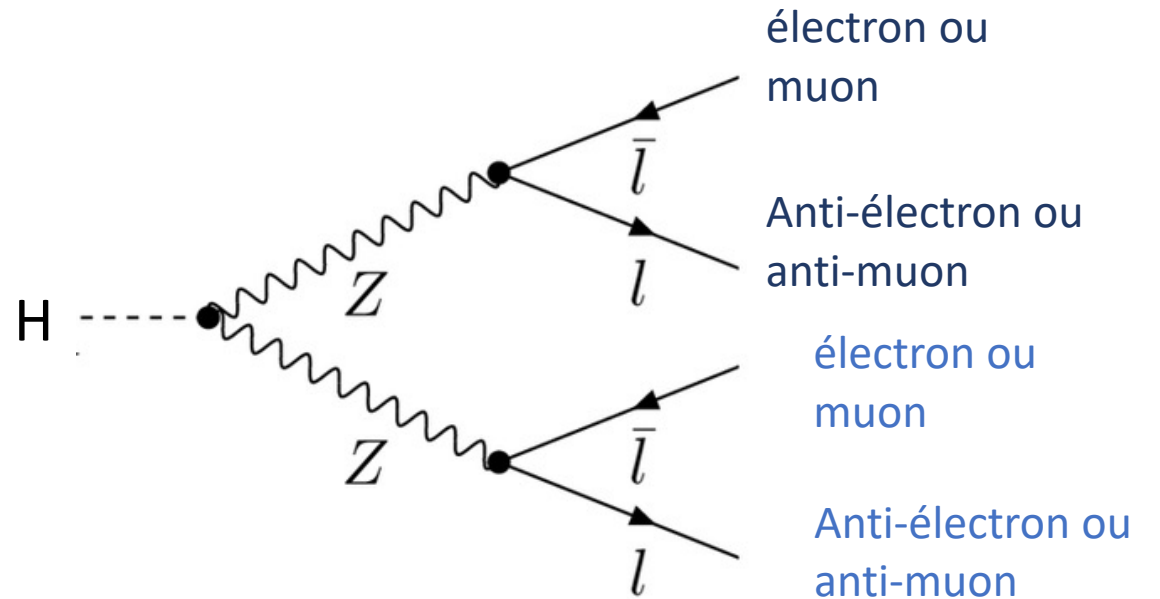
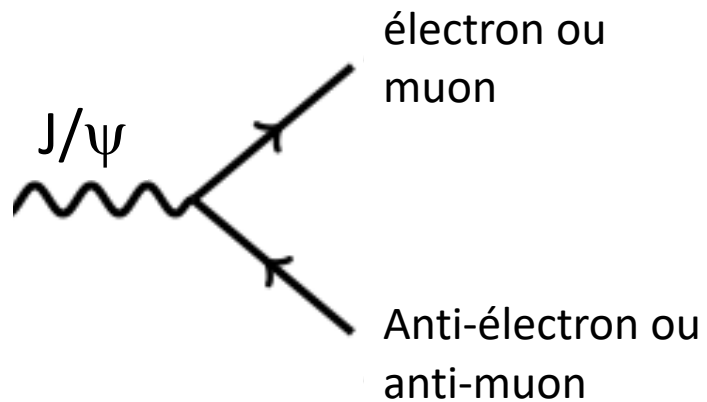
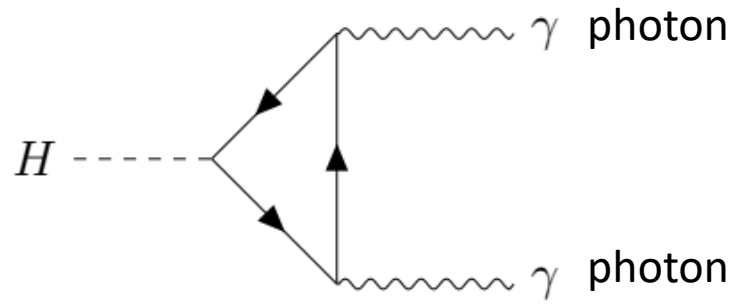
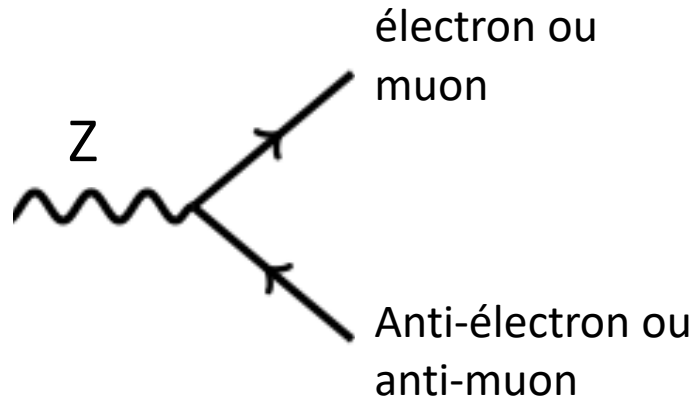
Higgs \rightarrow 2 photons



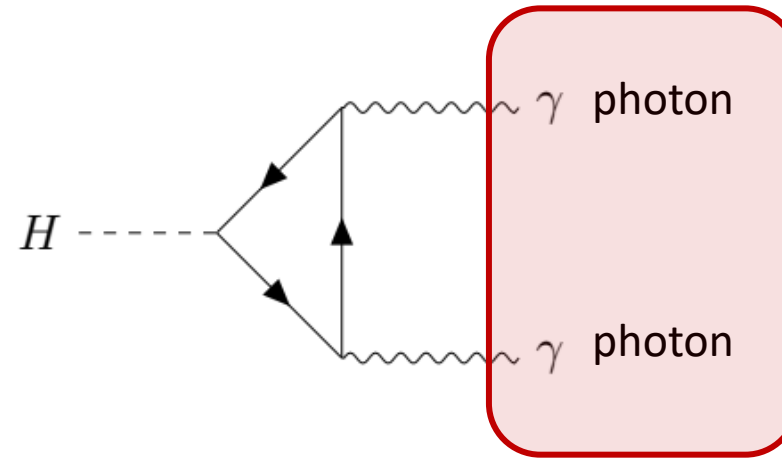
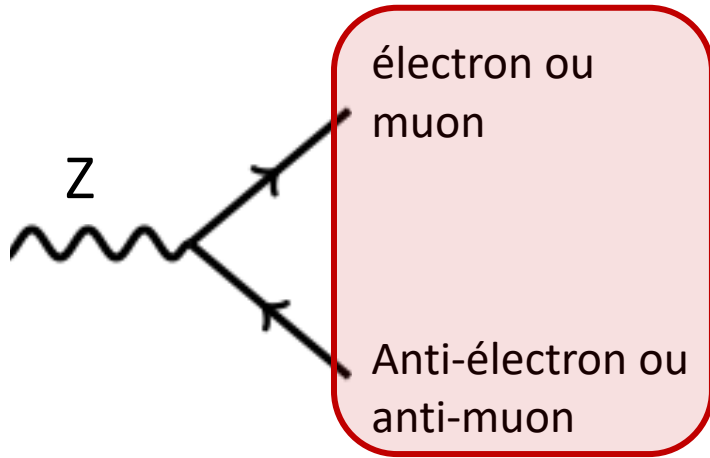
Higgs \rightarrow muon+anti-muon & electron+positron



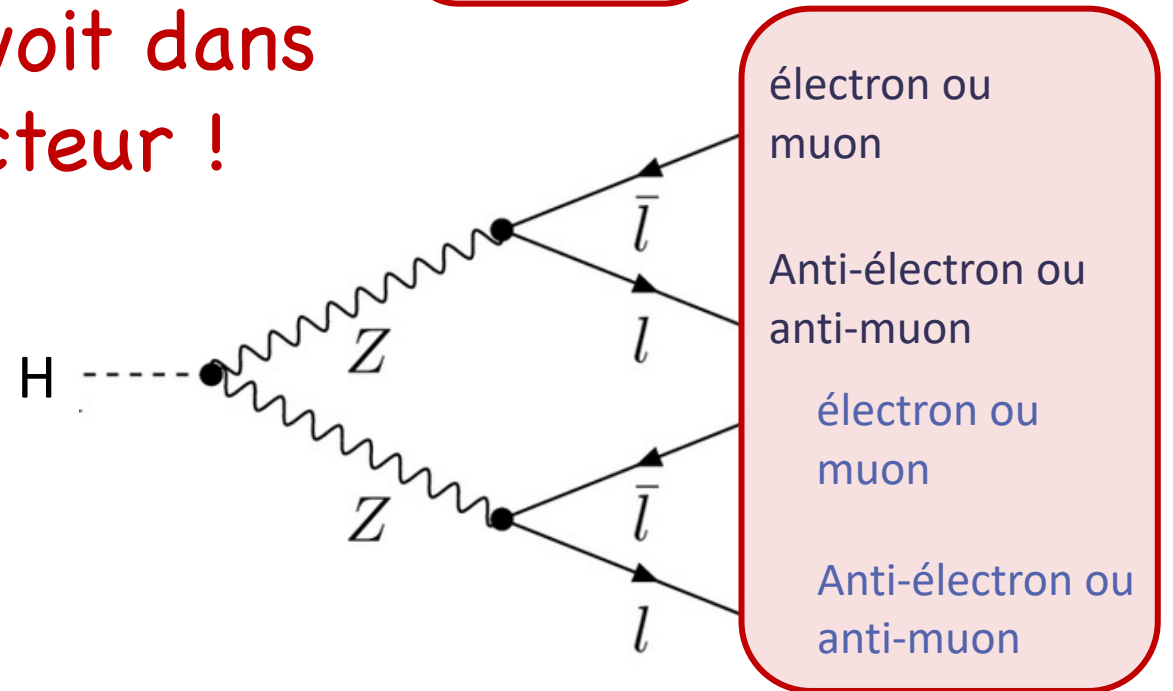
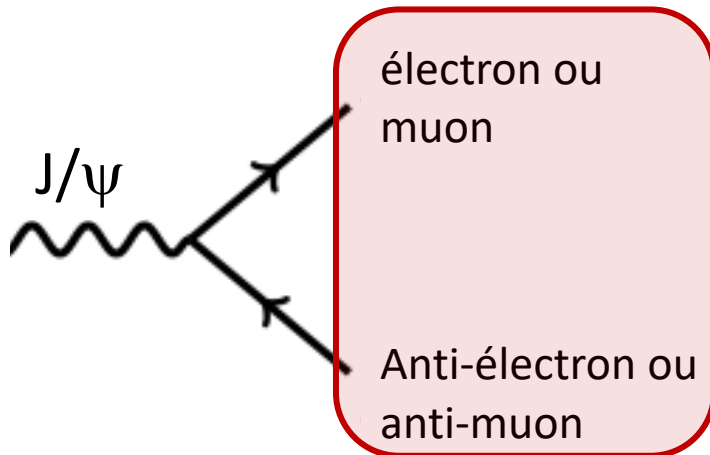
Ce qu'on cherche aujourd'hui



Ce qu'on cherche aujourd'hui



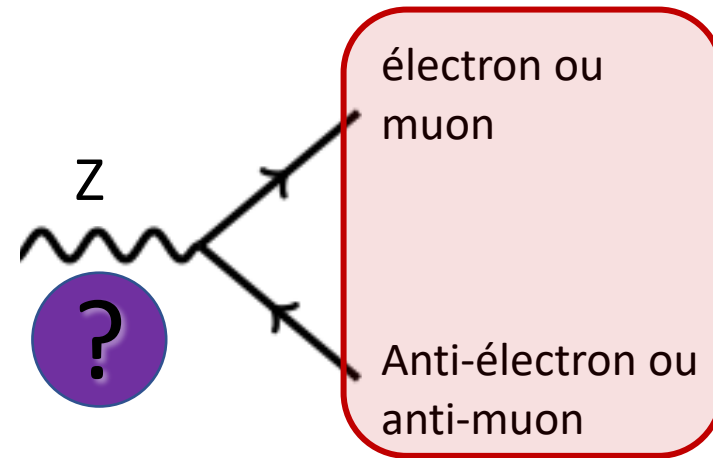
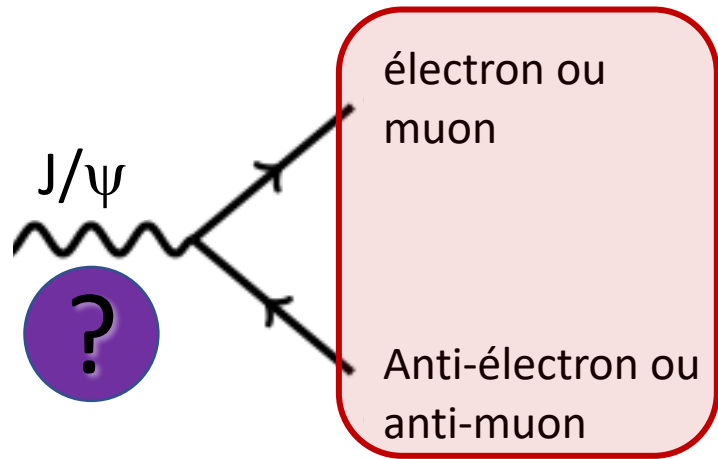
Ce qu'on voit dans le détecteur !



Et comment on peut être certain ?

Il y a plusieurs particules ou processus qui résultent en 2 photons, ou une paire d'électron / positron ...

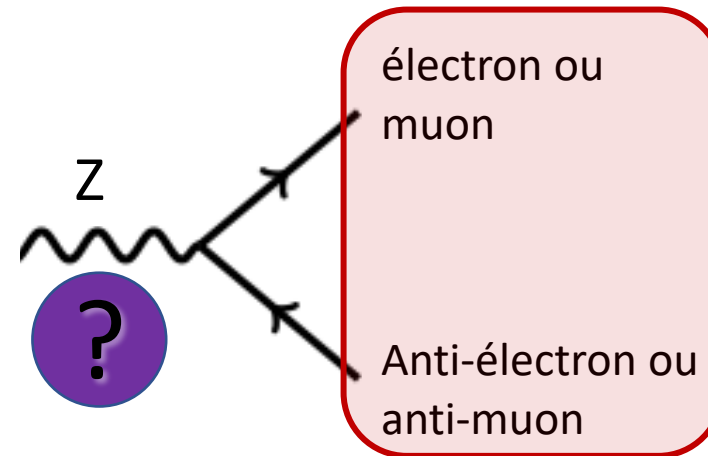
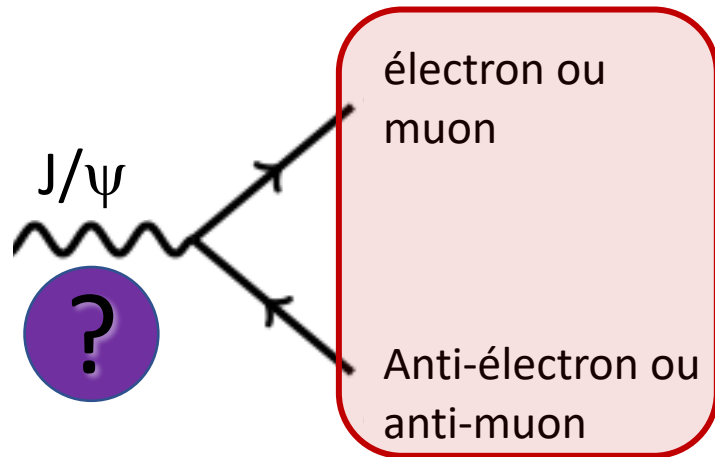
→ comment les différencier ?



Et comment on peut être certain ?

Il y a plusieurs particules ou processus qui résultent en 2 photons, ou une paire d'électron / positron ...

→ comment les différencier ?



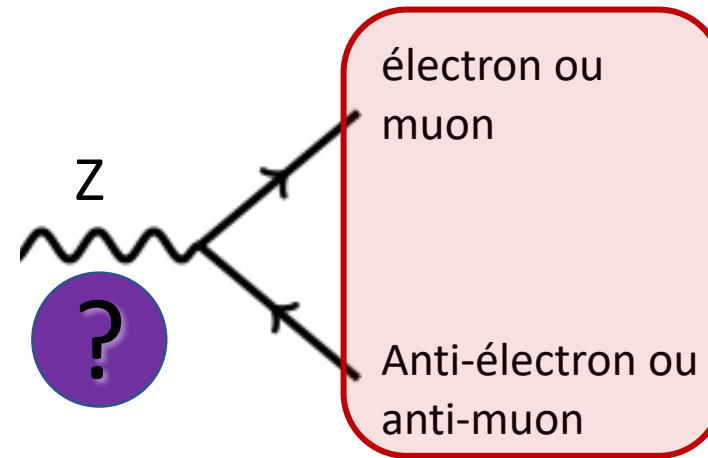
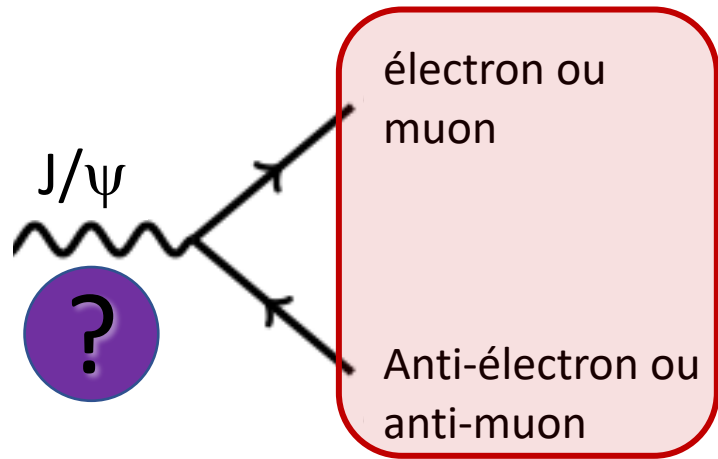
$$E^2 = (mc^2)^2 + (pc)^2$$

Energie ↔ Masse & Mouvement

Et comment on peut être certain ?

Il y a plusieurs particules ou processus qui résultent en 2 photons, ou une paire d'électron / positron ...

→ comment les différencier ?

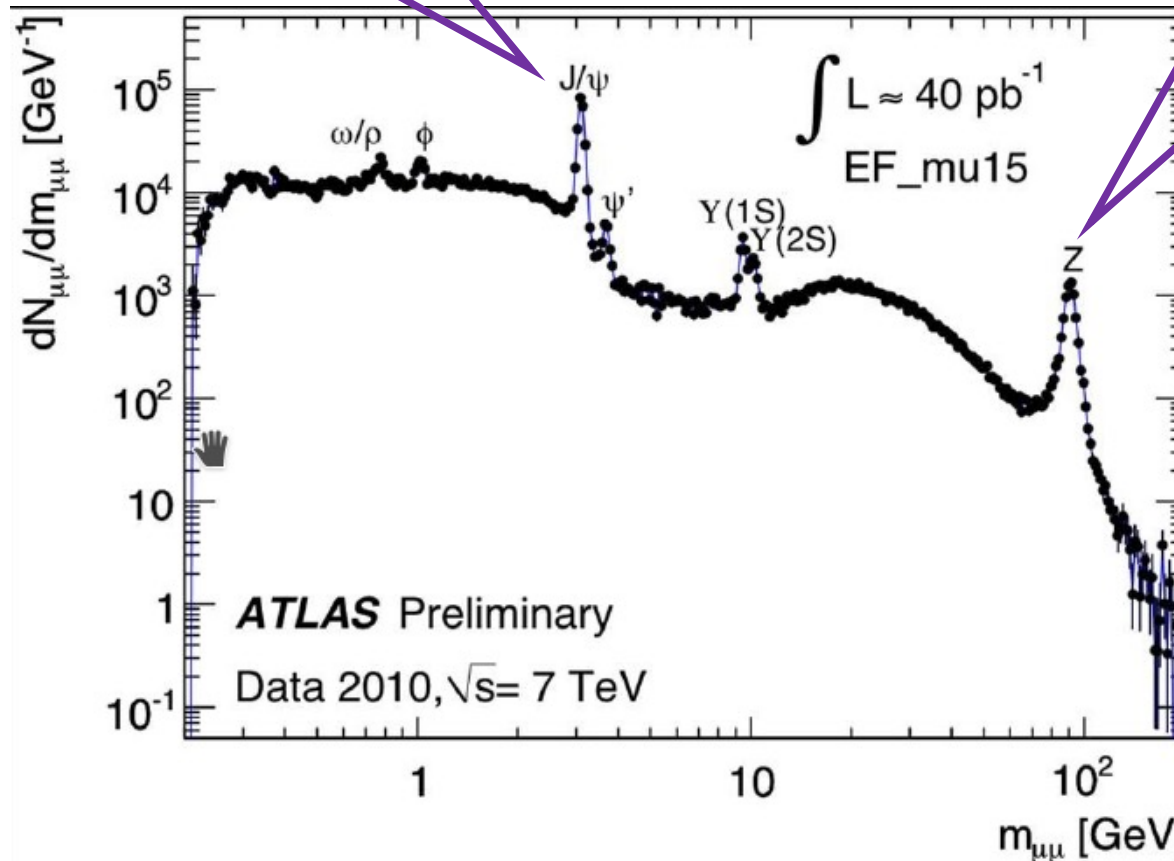
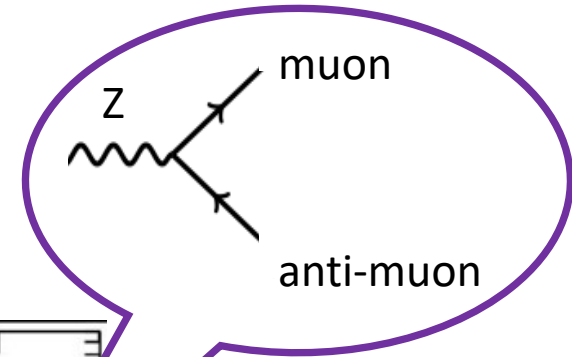
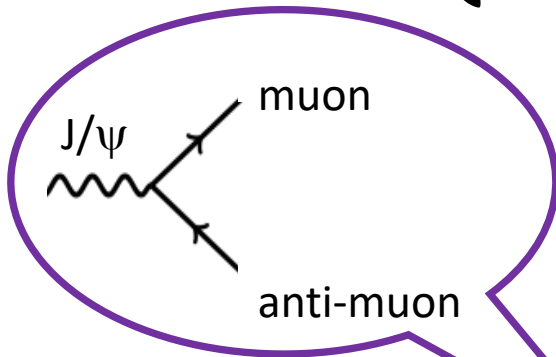


$$E^2 = (mc^2)^2 + (pc)^2$$

Energie ↔ Masse & Mouvement

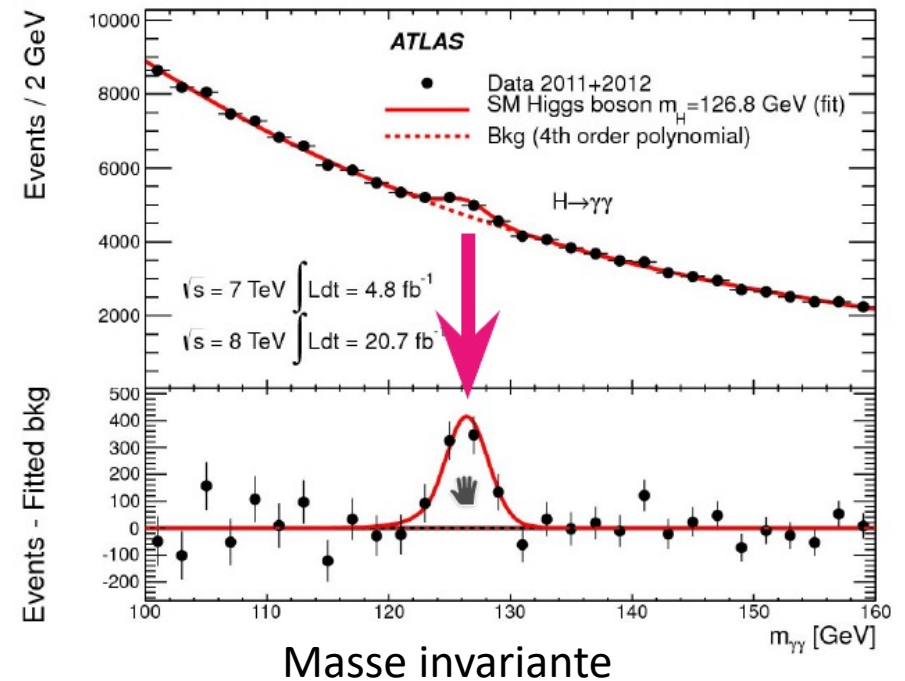
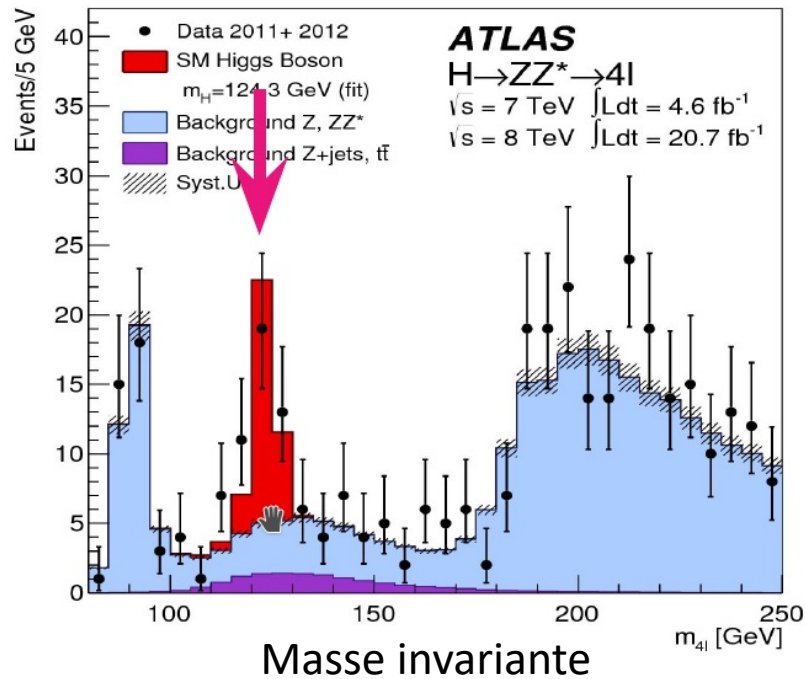
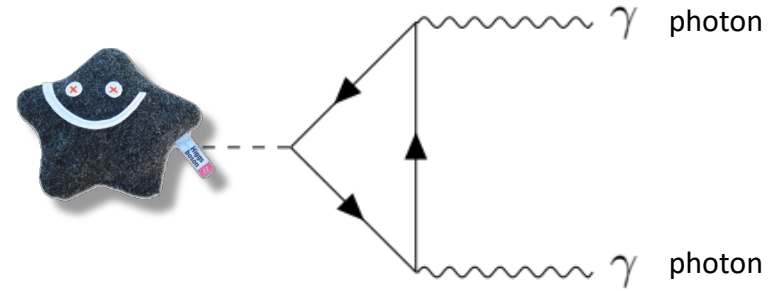
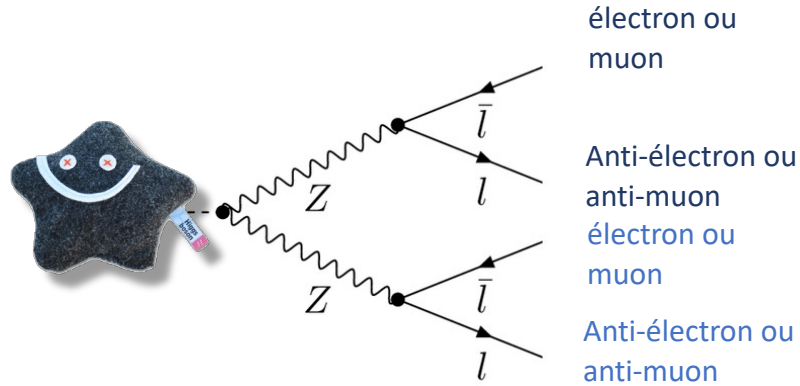
$$\longrightarrow m(?)c^2 = \sqrt{(E_{el} + E_{pos})^2 - (p_{el} + p_{pos})^2 c^2}$$

Qu'est-ce qu'on voit ?

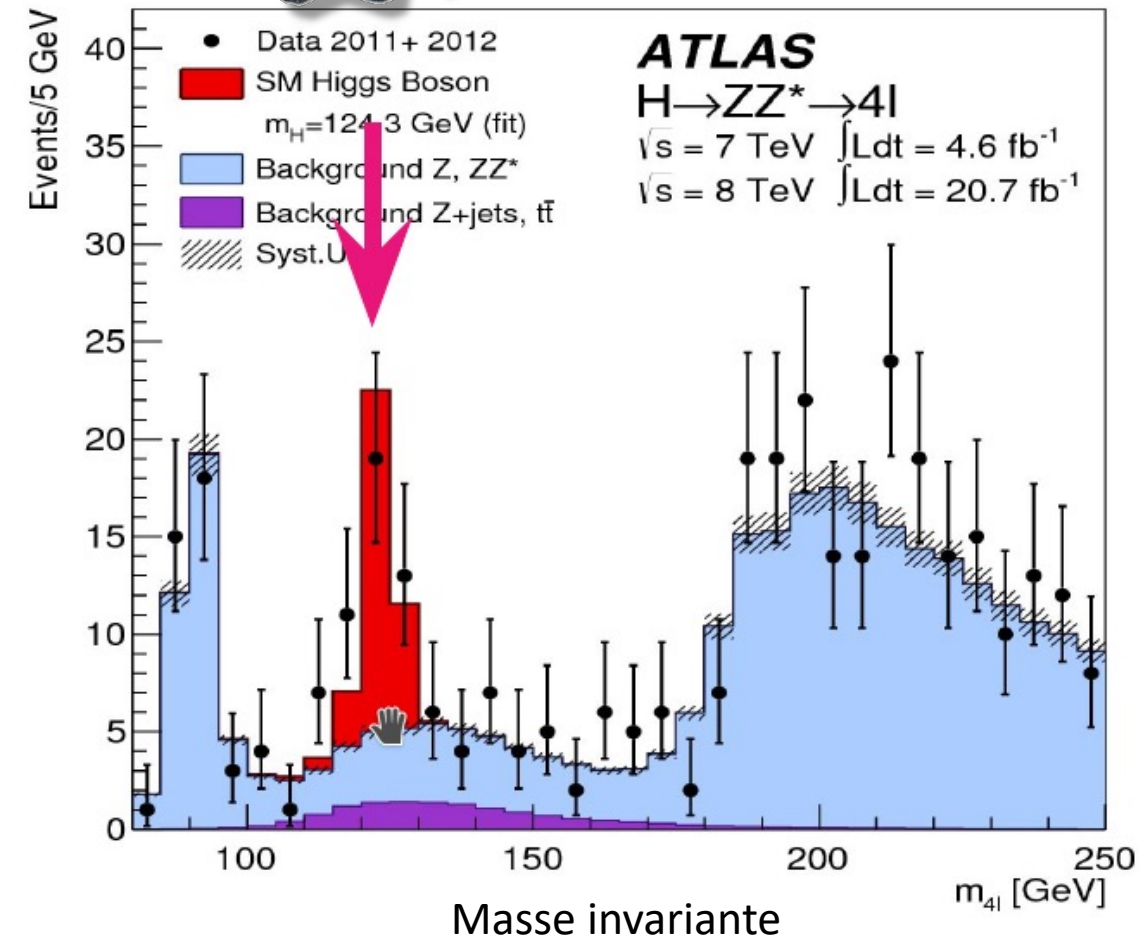


$m(?)c^2$

Qu'est-ce qu'on voit ?



Qu'est-ce qu'on voit ?



Bruit de fond – quand on se trompe:

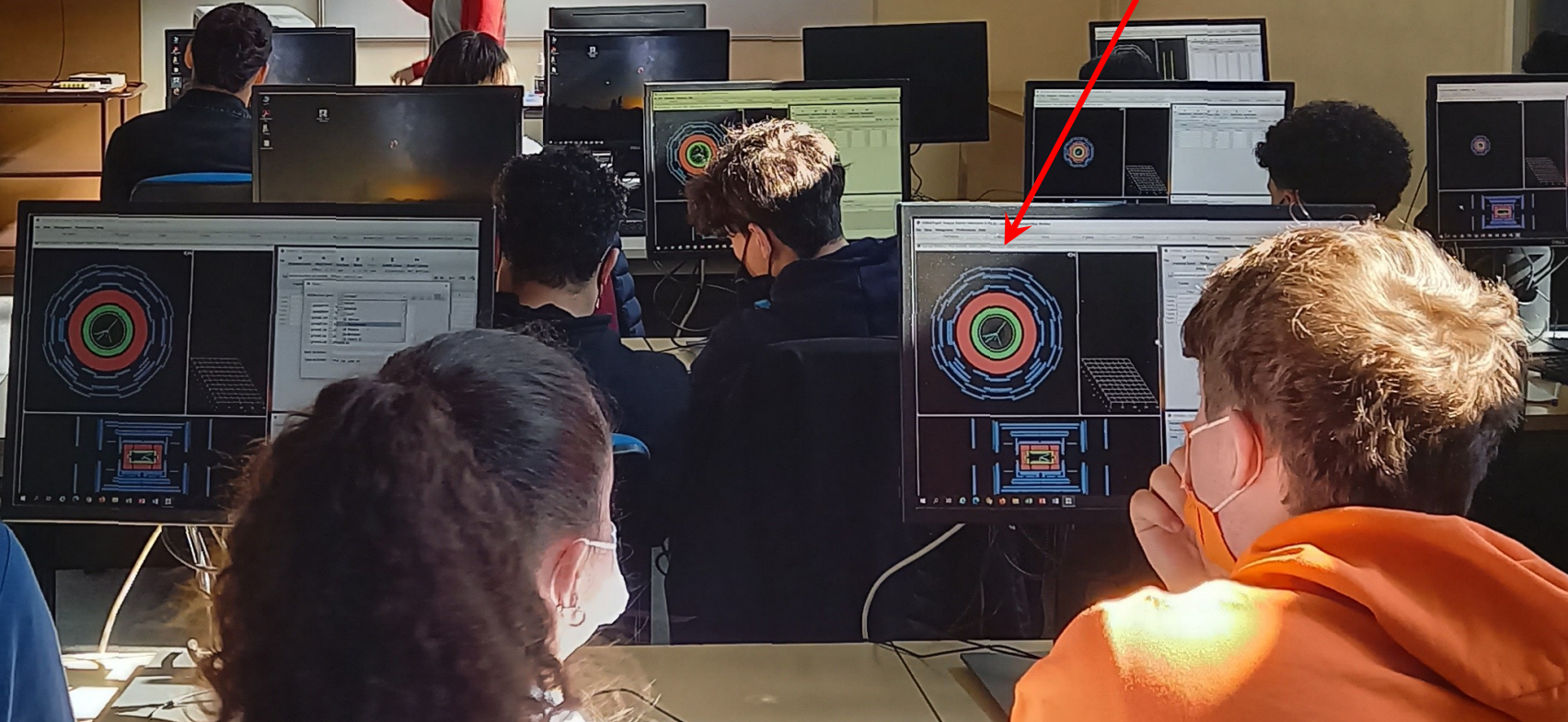
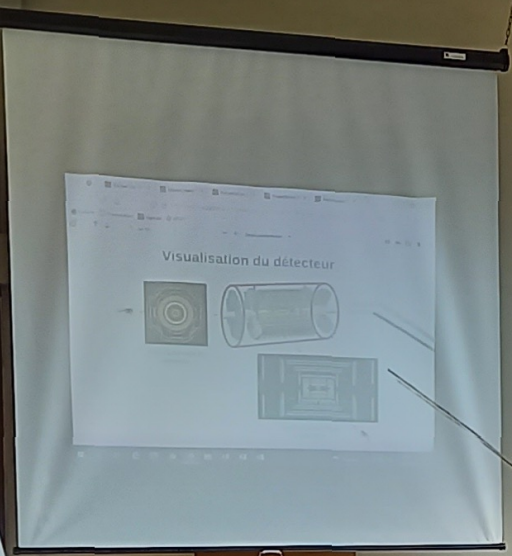
- Mal identifié la particule (peut-être pas vraiment un électron, ou un muon?)
- Peut-être l'électron ou le muon vient d'autre part?
- Peut-être on n'a trouvé qu'une partie des particules?

→ La masse ne sera pas toujours celle de la particule qu'on pense reconstruire!

Plus de détails dans la discussion de l'exercice, cet après midi avec Anne-Catherine Le Bihan

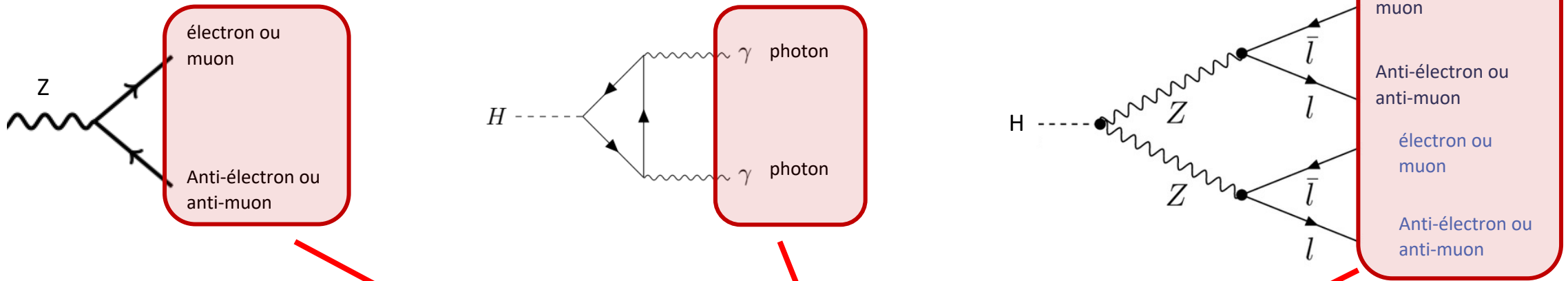
Logiciel
HYPATHIA

L'exercice



Aujourd'hui, en pratique

1) Identifier les événements



Un lot de données différent par binôme
→ combinaison à la fin

Utilisateur : forclas1
Mot de passe : MvgGE47r
Charger les données dans HYPATIA: File > Read Event Locally
→ choisir Documents/ATLASmasterclass/Groupe3/groupA.zip

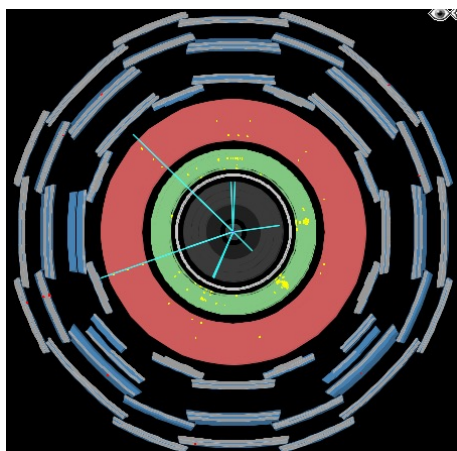
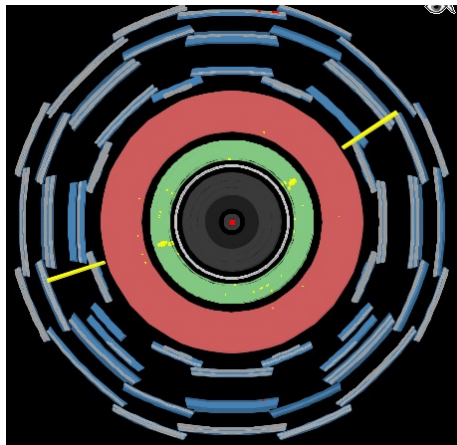
Groupe 3A
- Salles linux -

N° événement	Type d'événement					Commentaires
	e+e-	$\mu+\mu-$	$\gamma\gamma$	l+l+l+l-	Autre	
1						
2						
3						
4						
5						
6						

2) Calculer la masse invariante et remplir un histogramme comme montré avant

Aujourd'hui, en pratique

1) Identifier les événements



Utilisateur : forclas1

Mot de passe : MvgGE47r

Charger les données dans HYPATIA: File > Read Event Locally

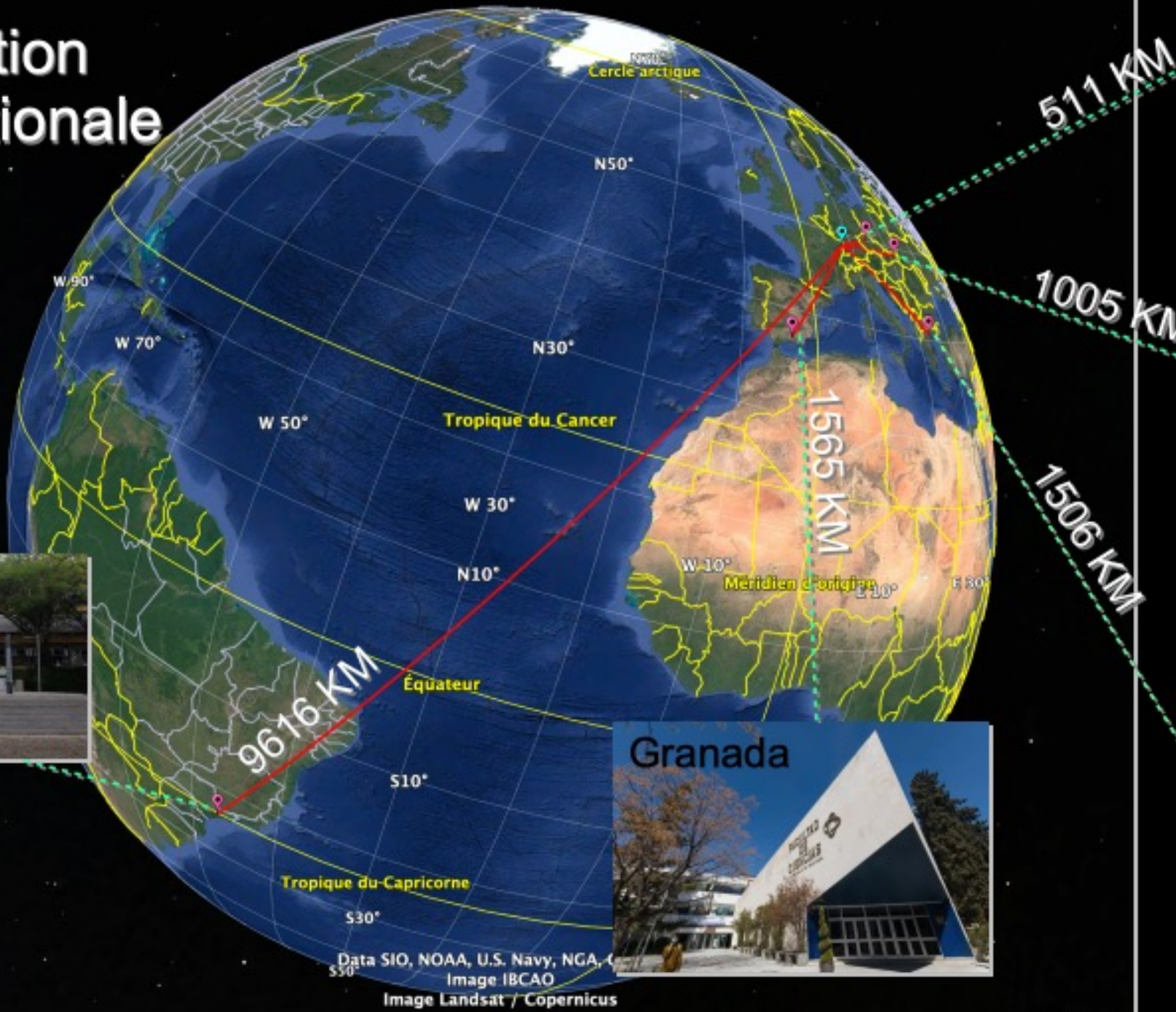
→ choisir Documents/ATLASmasterclass/Groupe3/groupA.zip

Groupe 3A
- Salles linux -

N° événement	Type d'événement					Commentaires
	e+e-	$\mu+\mu-$	$\gamma\gamma$	l+l+l-	Autre	
1						
2			V			Masse invariante + Bliablalu
3						
4						
5				V		Masse invariante + Bliablalu
6						

2) Calculer la masse invariante et remplir un histogramme comme montré avant

Répartition internationale



Le logiciel HYPATHIA

Représentation visuelle
de l'événement

Liste des événements avec
les particules sélectionnées
– calcul des masses

The screenshot displays the HYPATHIA software interface. The top-left window shows a 3D visualization of the ATLAS detector with tracks and energy deposits. The top-right window shows a table of event parameters. The middle window shows a list of tracks with their properties. The bottom window shows the control panel for parameter control and cuts.

Pt [GeV]	ϕ	η	M(2) [GeV]	M(4) [GeV]	e/m/g
100.8	-0.376	-0.116	94.145	373.542	m
48.4	-1.833	-0.329			m
37.9	1.906	-0.709	89.293		m
37.2	2.751	-1.865			m

Track	+/-	P [GeV]	Pt [GeV]	ϕ	θ
Tracks 4	+	101.49	100.81	-0.376	1.686
Tracks 5	+	47.82	37.89	1.906	2.227
Tracks 15	-	51.00	48.36	-1.833	1.894
Tracks 107	-	321.31	97.24	2.751	2.834
Tracks 234	-	288.62	211.60	-1.664	0.823
Tracks 235	-	23.35	14.93	-2.571	0.694
Tracks 237	+	15.20	9.74	0.547	0.695
Tracks 239	-	8.94	5.79	2.318	0.704

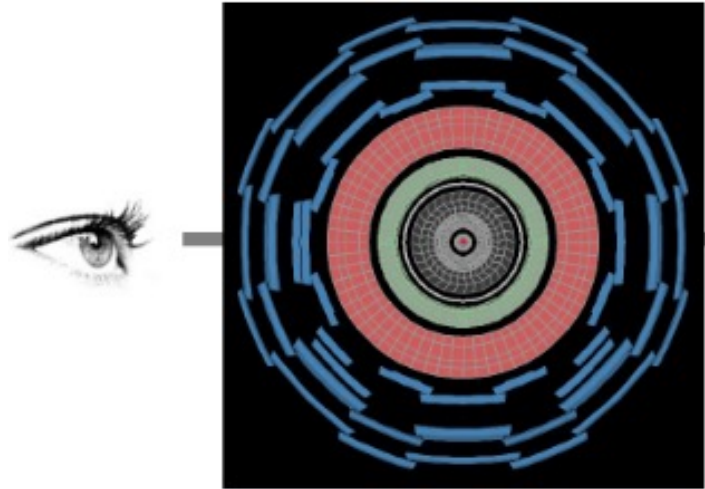
Parameter Control: Interaction and Window Control, Output Display

Projection	Data	Cuts	InDet	Calo	MuonDet	Objects	Geometry
InDet							
Calo							
MuonDet							
Objects							
ATLAS							

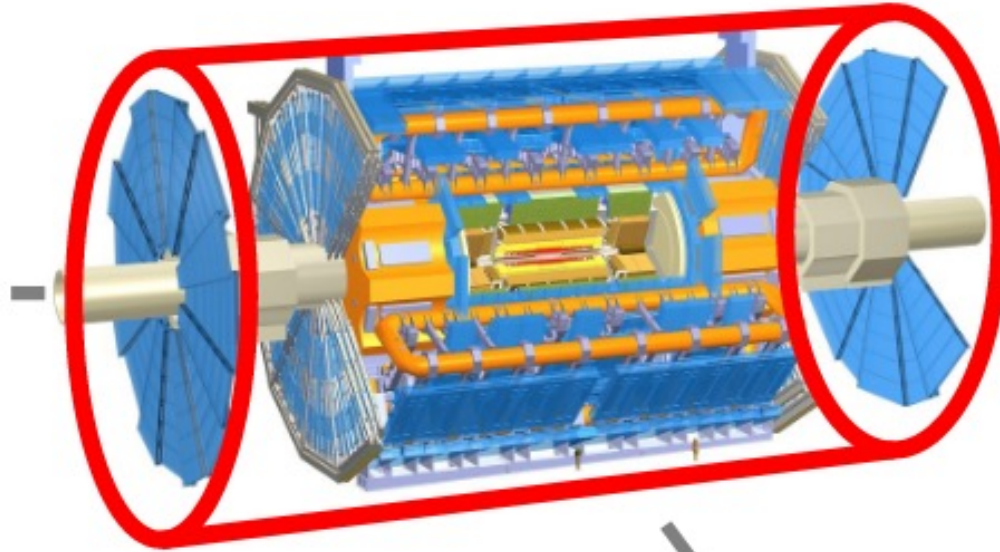
Liste de toutes les
particules dans
chaque événement
– sélection de celles
qui nous intéressent

Réglages et
navigation

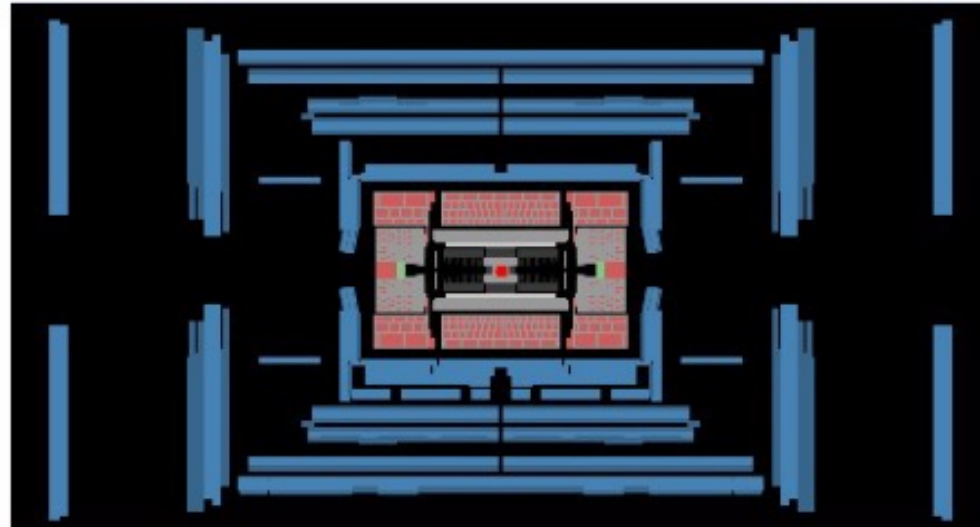
Visualisation du détecteur



Vue transversale du détecteur

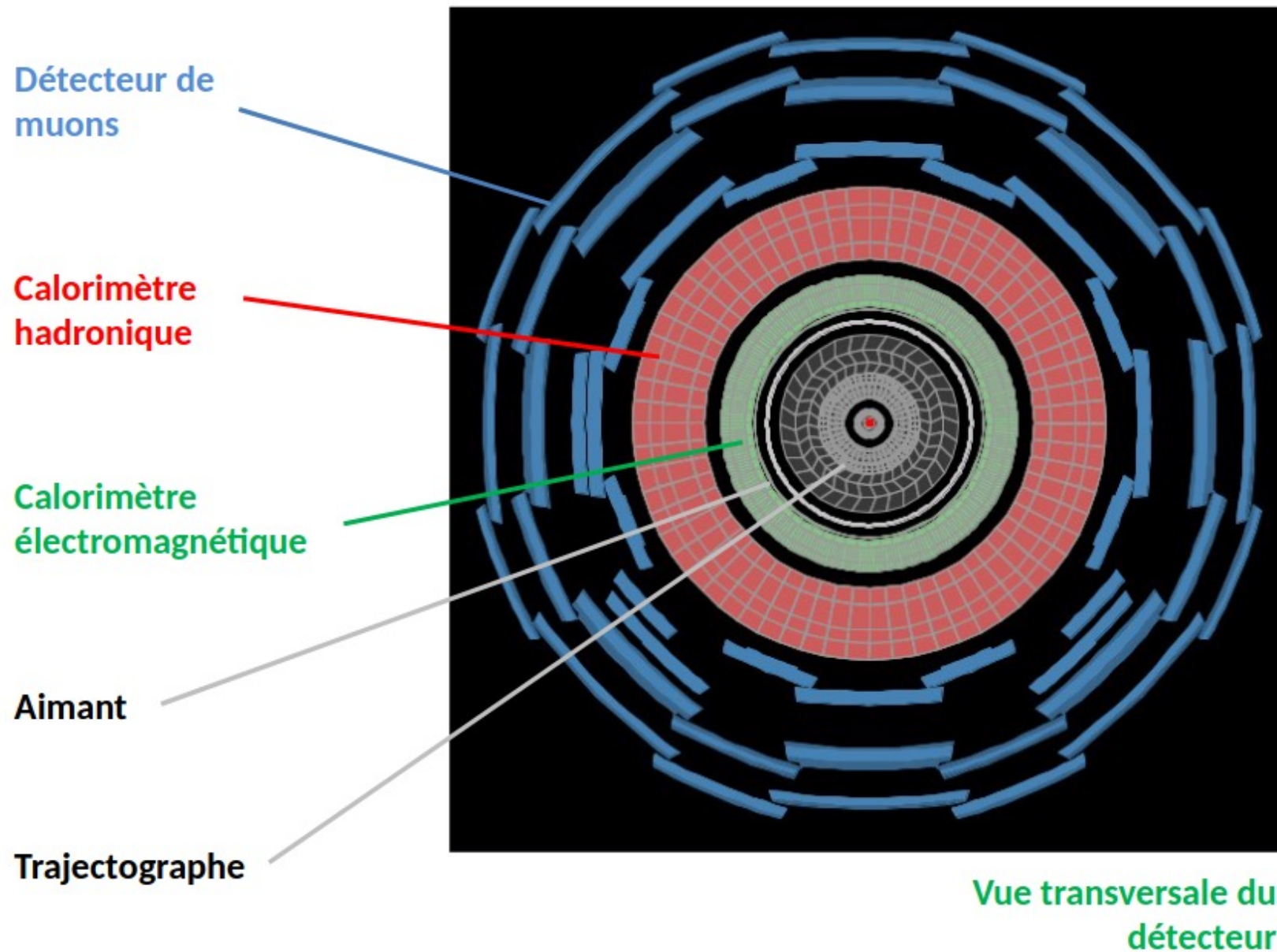


Vue en 3D du détecteur



Vue longitudinale du détecteur

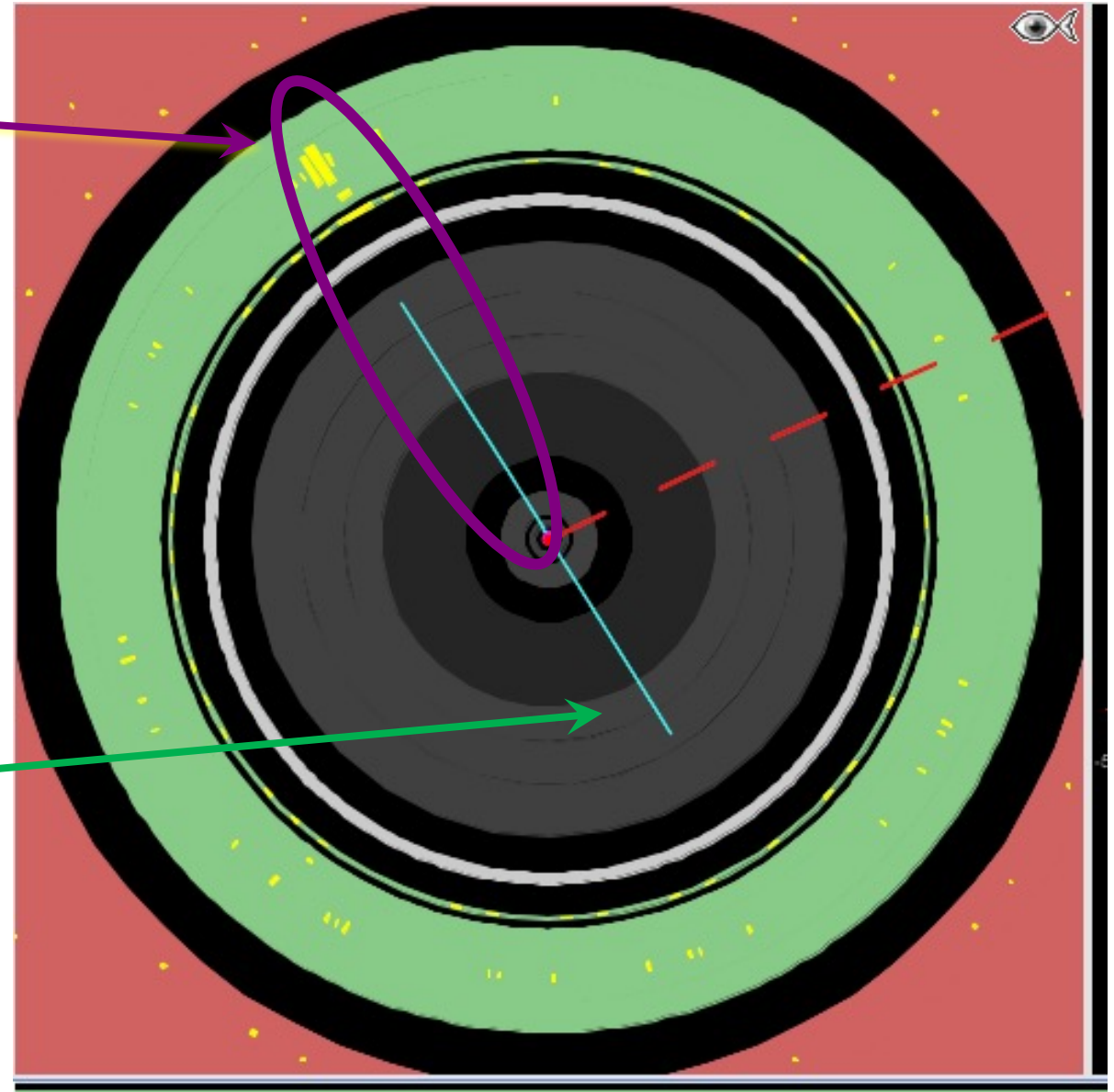
Les parties du détecteur



Utilité des différentes perspectives

Electron ou positron
(trace + gerbe dans le calorimètre)

Une trace sans gerbe
correspondante
→ pas intéressant?

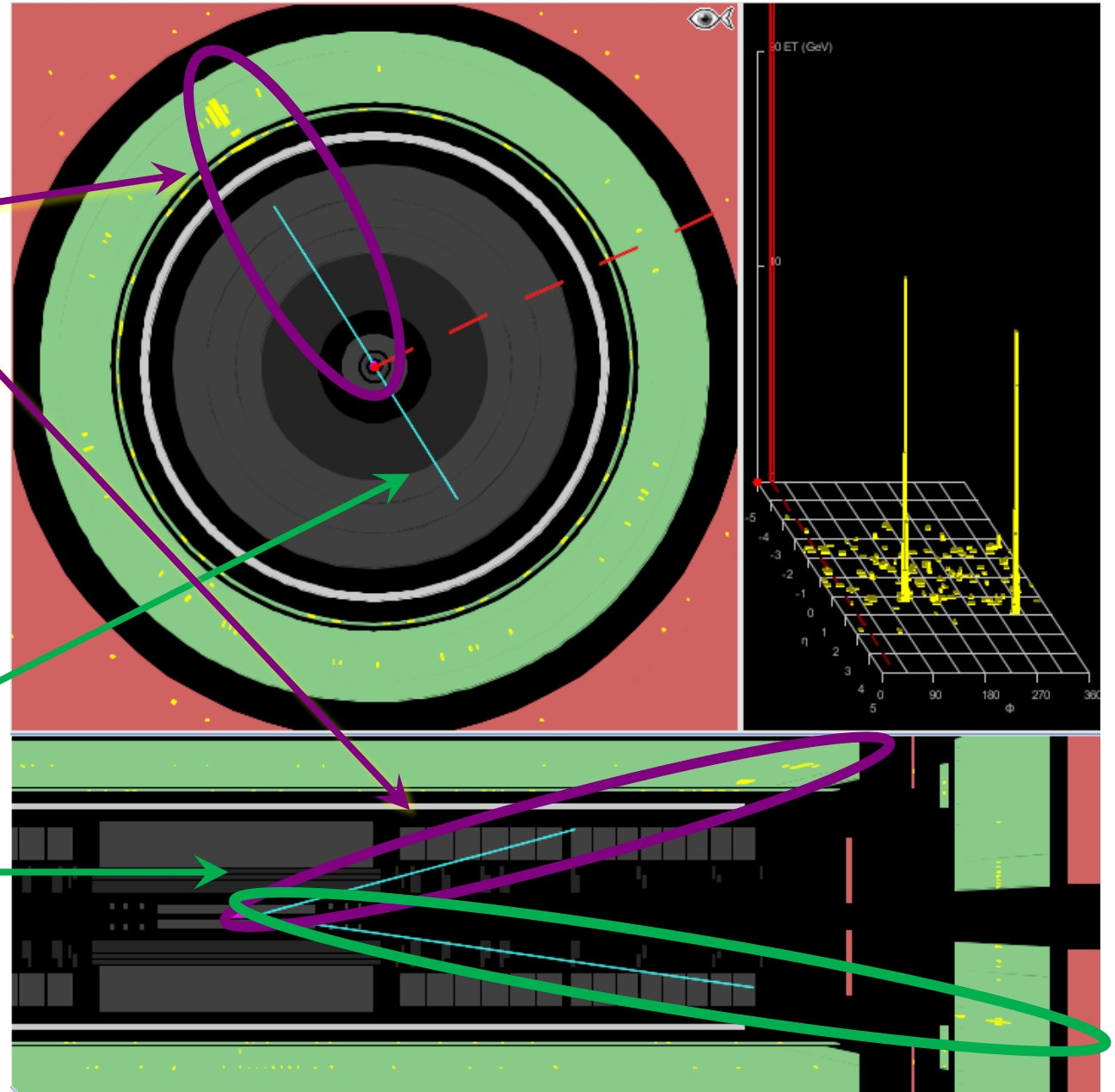


Utilité des différentes perspectives

Electron ou positron
(trace + gerbe dans le calorimètre)

~~Une trace sans gerbe~~
~~— correspondante~~
~~→ pas intéressant?~~

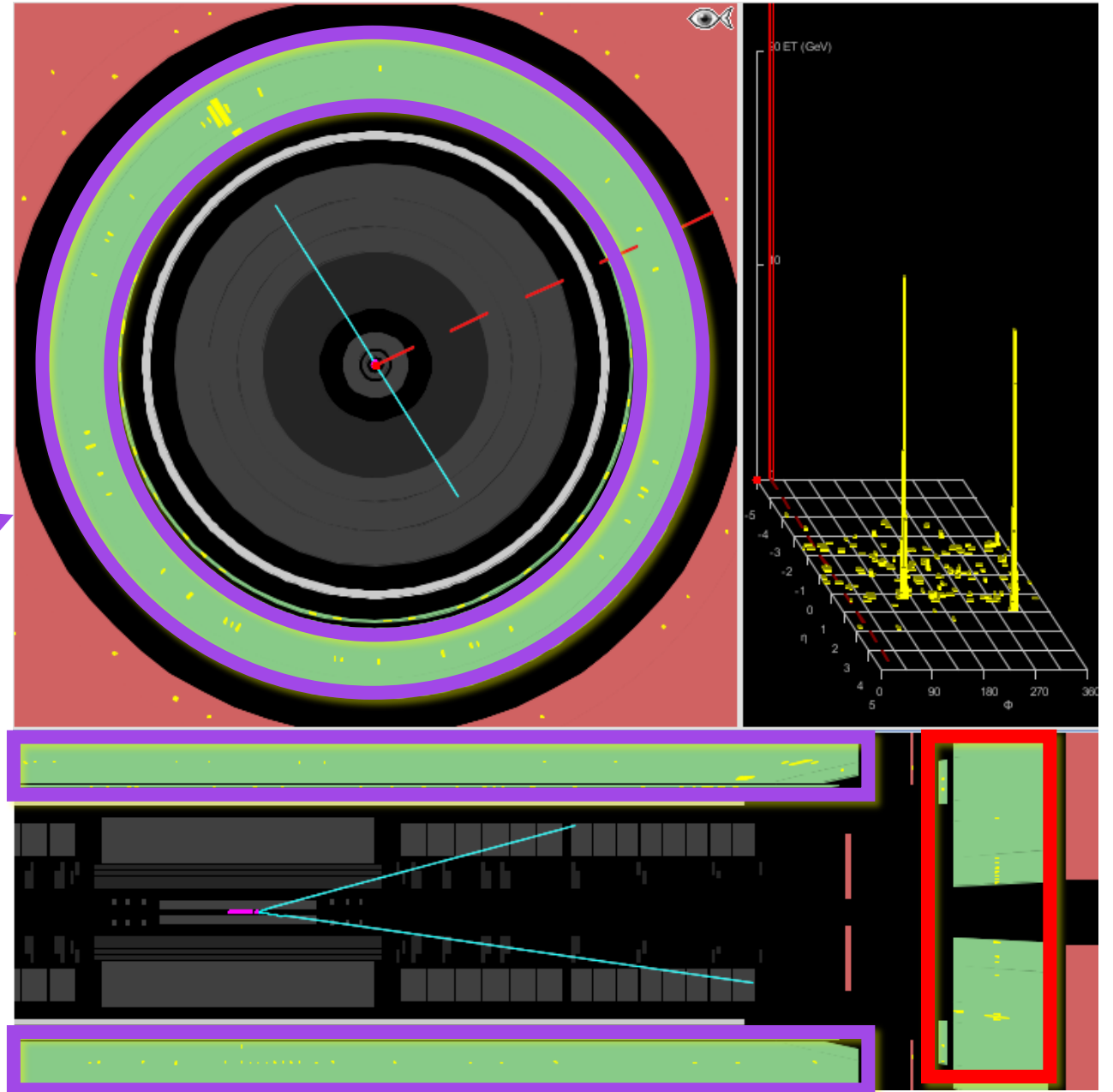
Trace avec gerbe associée dans la partie
avant du calorimètre



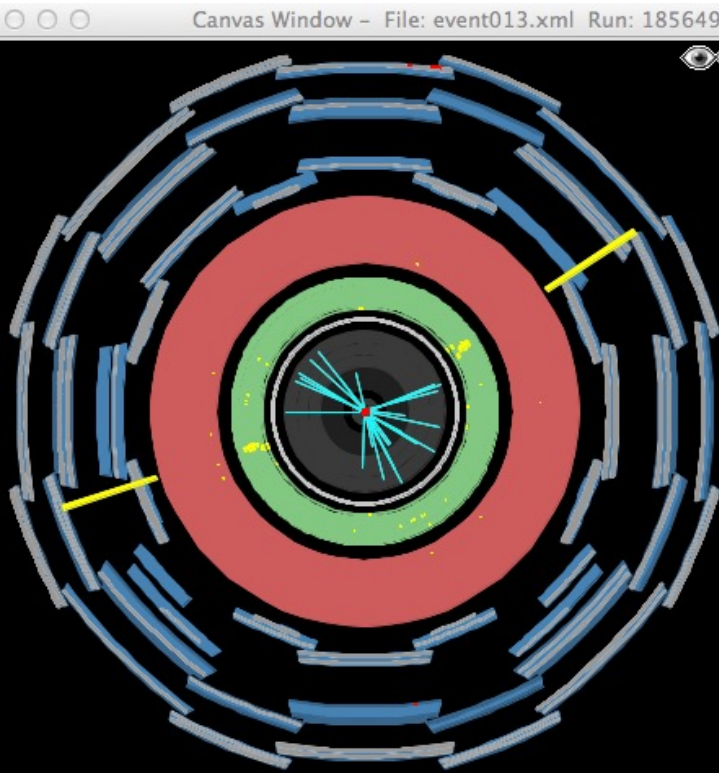
Utilité des différentes perspectives

La partie centrale du calorimètre est visible dans les deux coupes

Les « bouchons » ne sont visibles que dans la coupe longitudinale



Appliquer une coupure



$|Pt| > 1.0 \text{ GeV}$

Demander un min. d'énergie pour les traces:
Les autres ne nous intéressent pas
Ca rend l'événement plus "propre"

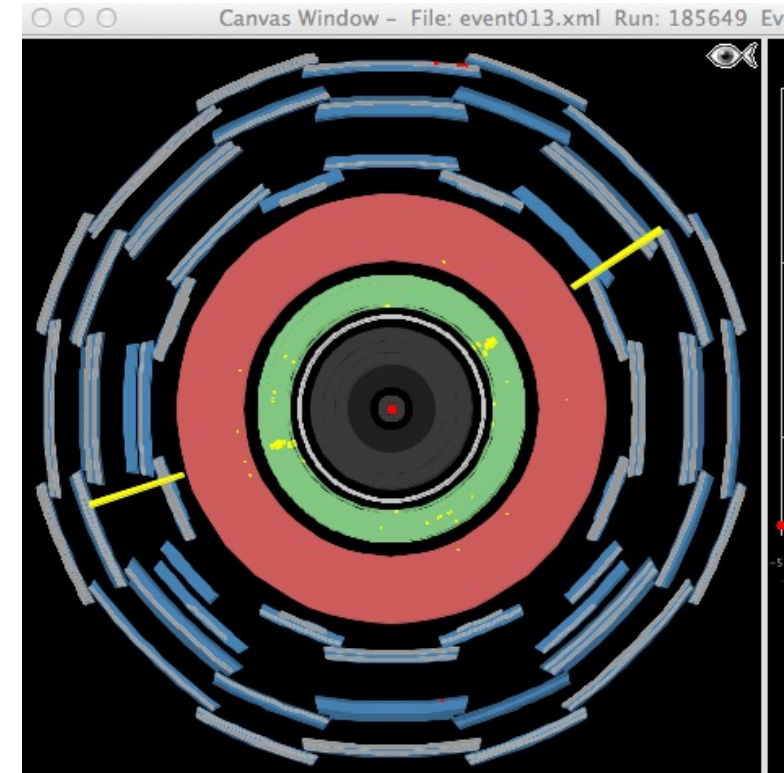


HYPATIA - Control Window

Parameter Control Interaction and Window Control Output Display

Projection Data Cuts InDet Calo MuonDet Objects Geometry

	Name	Value
InDet		
Calo	<input checked="" type="checkbox"/> Pt	> 5.0 GeV
MuonDet	<input checked="" type="checkbox"/> d0	< 2.5 mm
Objects	<input checked="" type="checkbox"/> z0	< 20.0 cm
ATLAS	<input type="checkbox"/> d0 Loose	< 2.0 cm
	<input type="checkbox"/> z0-zVtx	< 2.5 mm
	<input type="checkbox"/> Layer	> 0
	<input type="checkbox"/> Number Pixel Hits	>= 2

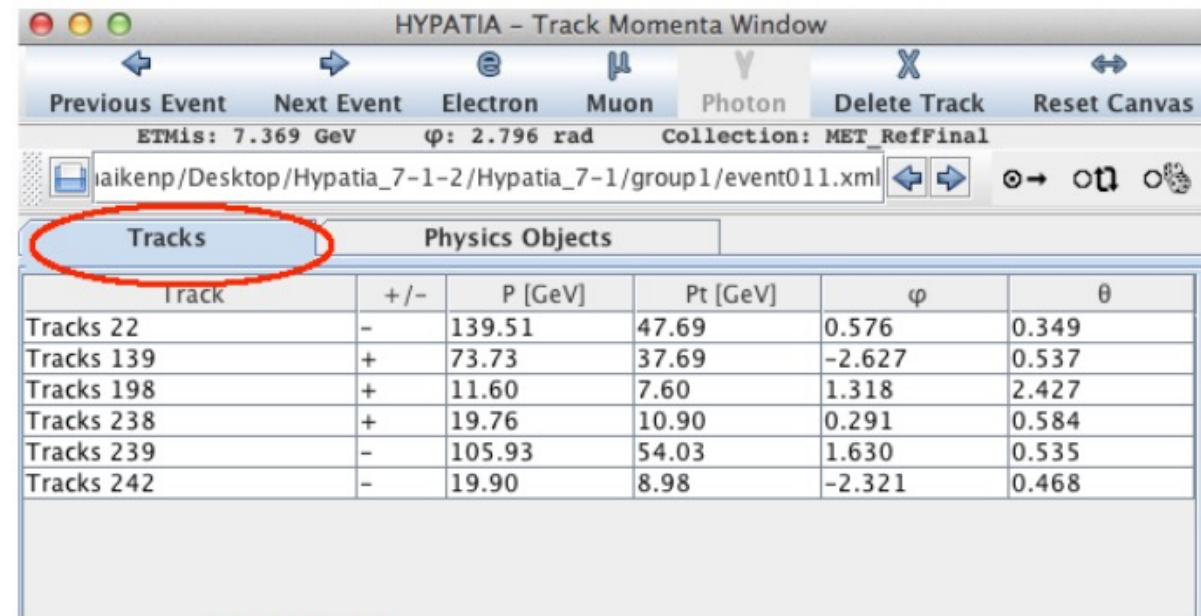


$|Pt| > 5.0 \text{ GeV}$

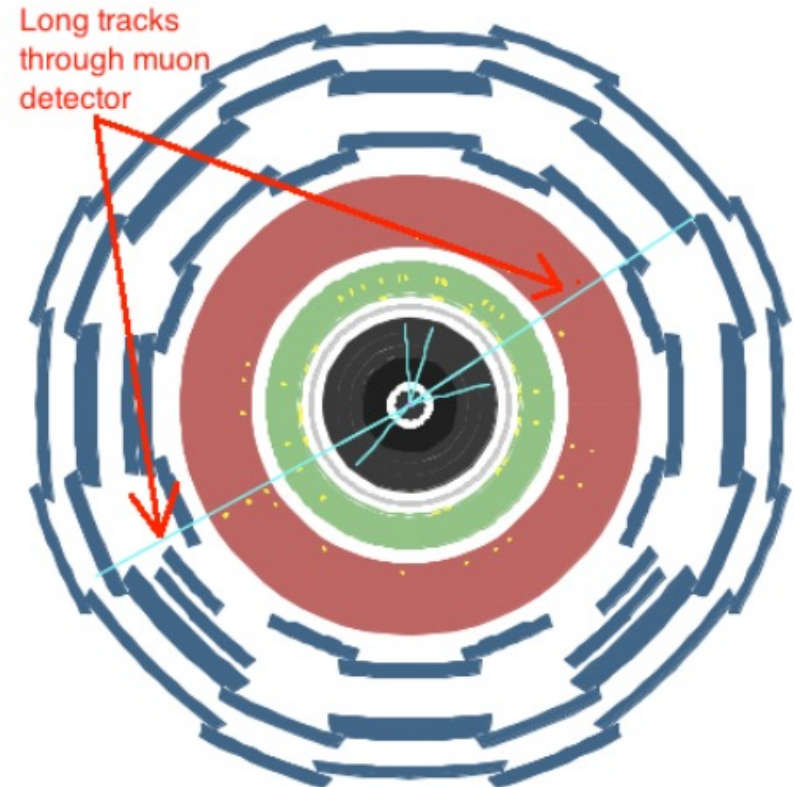
HYPATHIA

--- muons ---

- Muon: trace qui traverse tout le détecteur
- Un muon + un anti-muon: charges opposées
- Une paire: candidat Z, J/Ψ, nouvelle particule
- 2 paires ou une paire + une paire d'électrons:
→ candidat Higgs



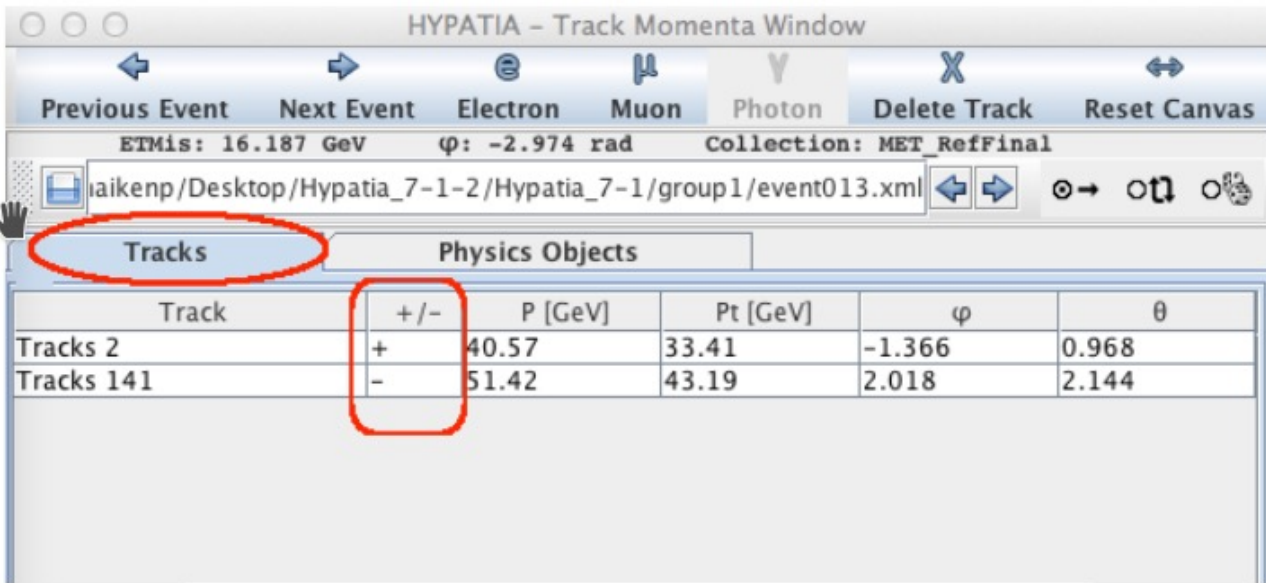
Track	+/-	P [GeV]	Pt [GeV]	φ	θ
Tracks 22	-	139.51	47.69	0.576	0.349
Tracks 139	+	73.73	37.69	-2.627	0.537
Tracks 198	+	11.60	7.60	1.318	2.427
Tracks 238	+	19.76	10.90	0.291	0.584
Tracks 239	-	105.93	54.03	1.630	0.535
Tracks 242	-	19.90	8.98	-2.321	0.468



HYPATHIA

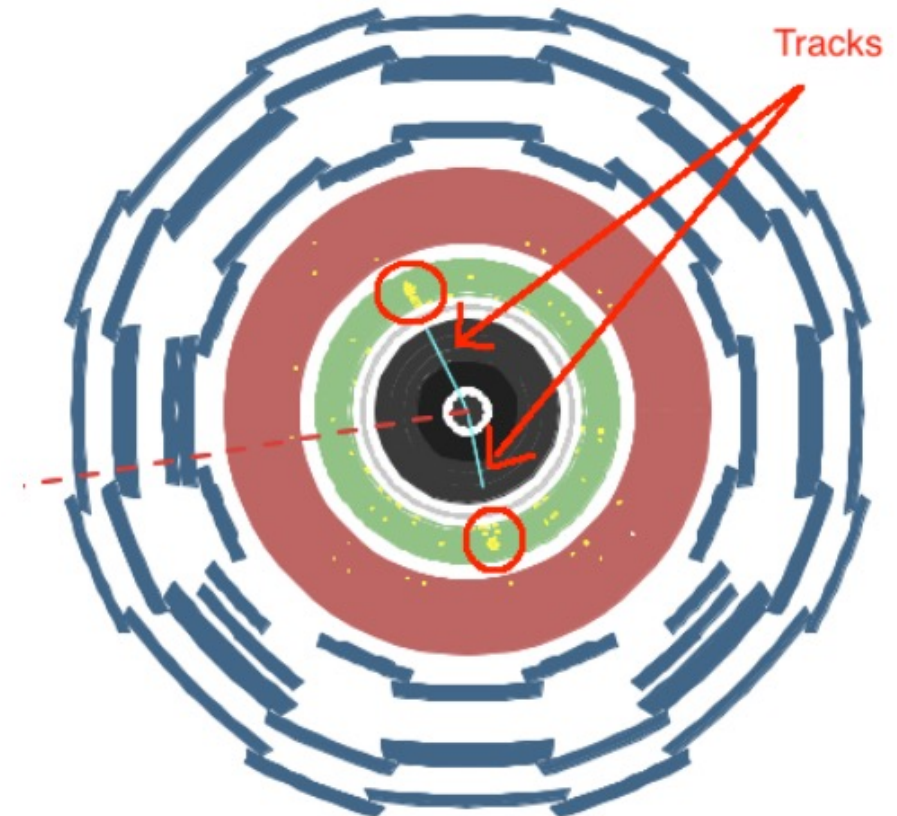
--- electrons ---

- Electron: trace dans la partie centrale, associée à une gerbe dans le calorimètre
- Un électron + un positron: charges opposées
- Une paire: candidat Z, J/Ψ, nouvelle particule
- 2 paires ou une paire + une paire de muons:
→ candidat Higgs



The screenshot shows the HYPATHIA Track Momenta Window. The title bar reads "HYPATHIA - Track Momenta Window". The menu bar includes "Previous Event", "Next Event", "Electron", "Muon", "Photon", "Delete Track", and "Reset Canvas". The status bar displays "ETMis: 16.187 GeV", " φ : -2.974 rad", and "Collection: MET_Reffinal". The file path is "laikenp/Desktop/Hypatia_7-1-2/Hypatia_7-1/group1/event013.xml". The "Tracks" tab is selected and circled in red. Below it is a table with the following data:

Track	+/-	P [GeV]	Pt [GeV]	φ	θ
Tracks 2	+	40.57	33.41	-1.366	0.968
Tracks 141	-	51.42	43.19	2.018	2.144



HYPATHIA

--- photons ---

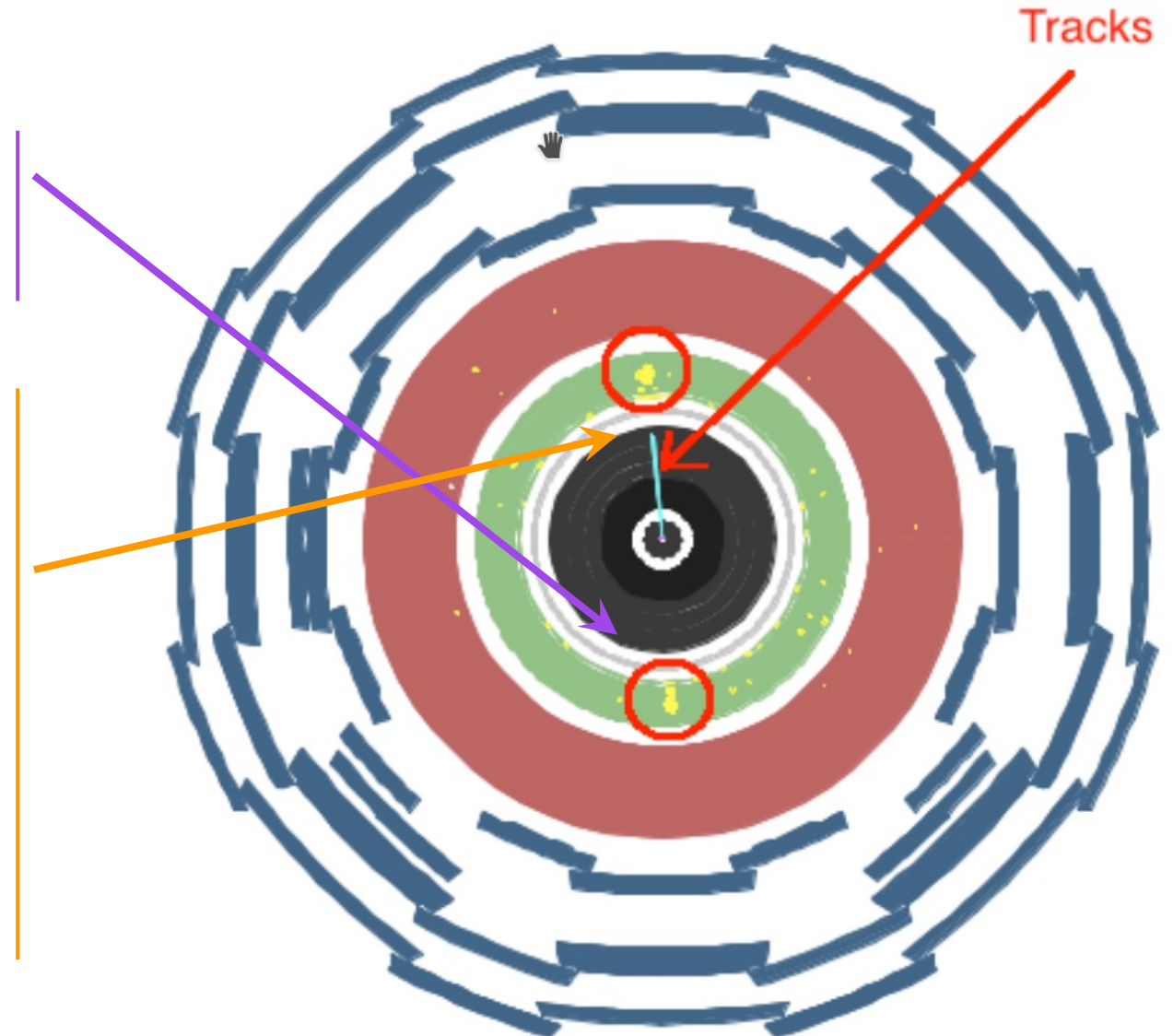
Option 1: photon non-converti

- Gerbe dans le calorimètre sans trace associée

Option 2: photon converti

Un photon interagit avec le détecteur et se convertit en paire électron – positron

- 2 gerbes dans le calorimètre qui se voient comme une seule gerbe à l'oeil
- 2 traces très proches, qui ne commencent pas forcément au point d'interaction



Vers les salles d'informatique

Salle windows (Bat 40, 1er étage)

Gaël Coulon

Gourab Saha

Caroline Collard

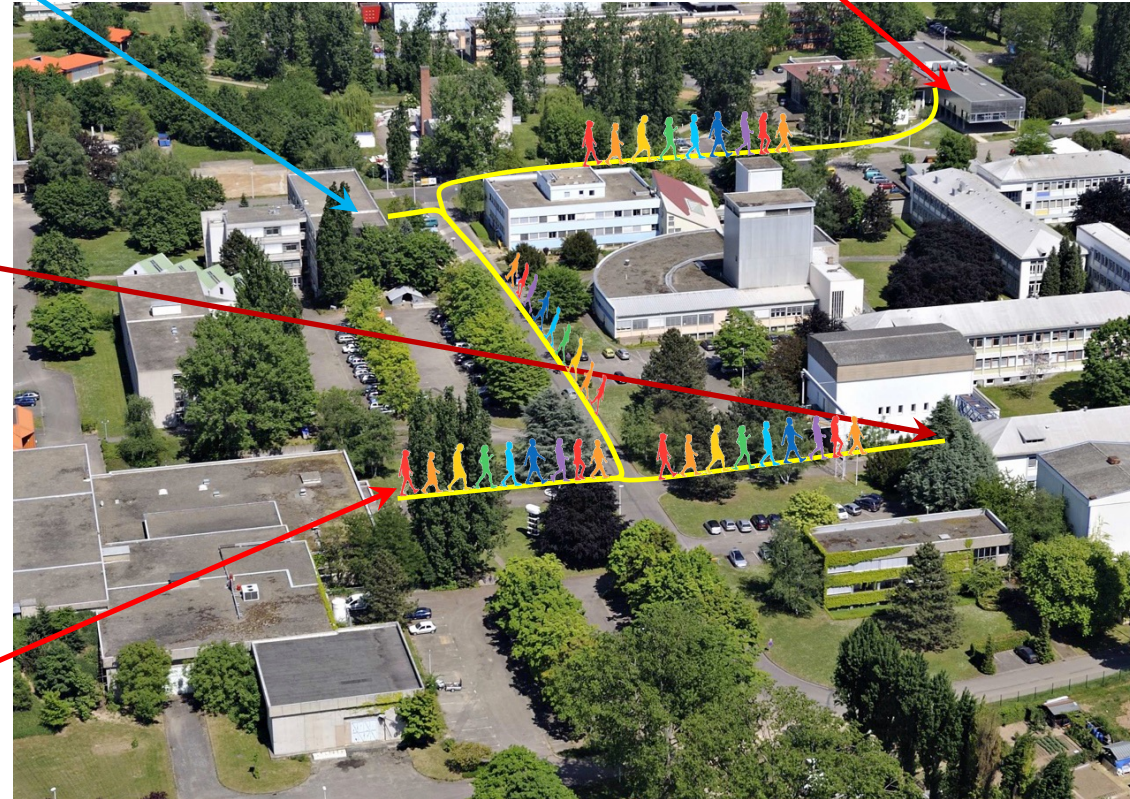
Salle linux (Bat 26)

Cyril Eschenlauer, Xavier Madre

Anne-Catherine Le Bihan

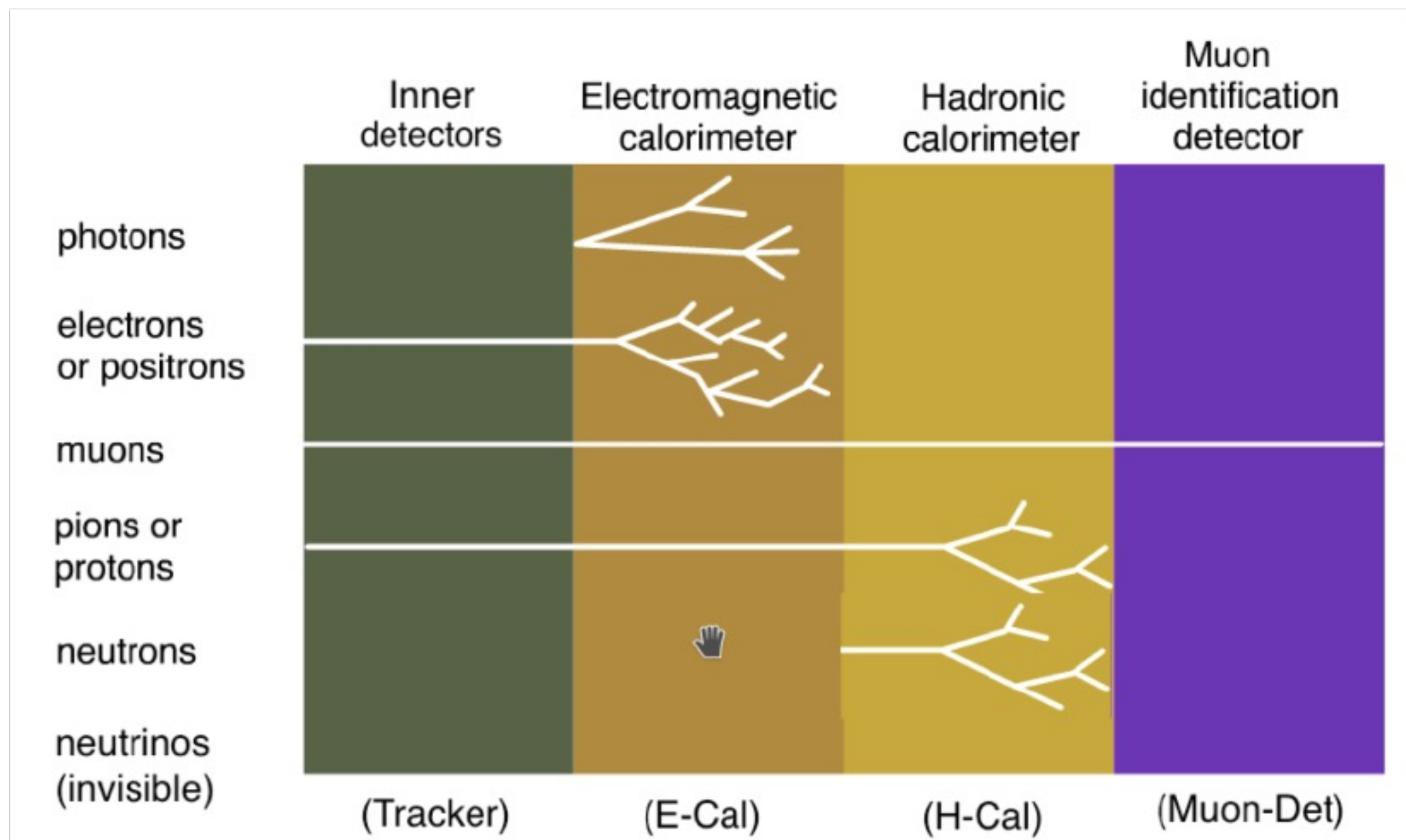
Retour ici à 13h30)

Cantine



BACKUP

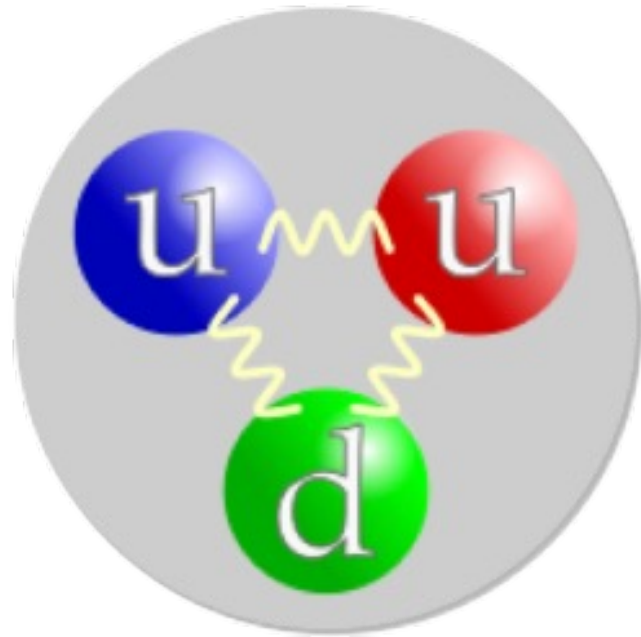
Identifier les particules dans le détecteur



Le proton – a hautes energies

Schema simplifie:

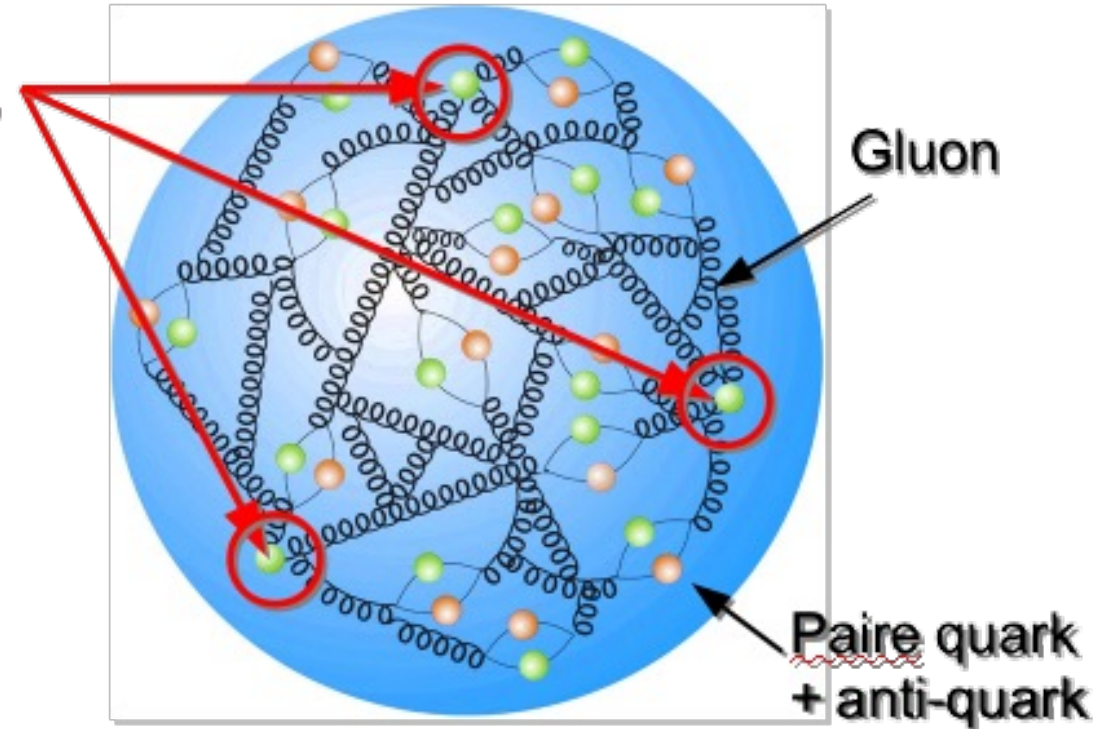
- 3 quarks (2 up + 1 down)
- Interagissent par échange de gluons



En realite:

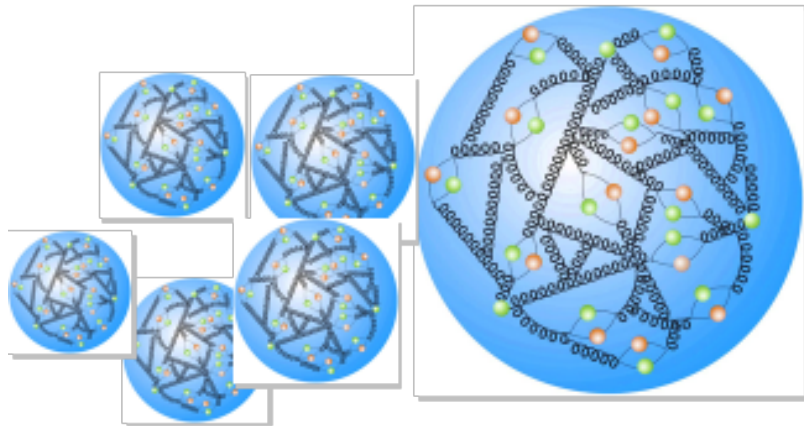
- 3 quarks principaux (2 up + 1 down)
- Interagissent par échange de gluons
- Gluon peuvent "fluctuer" pour donner 1 quark + 1 anti-quark

Quarks "principaux"

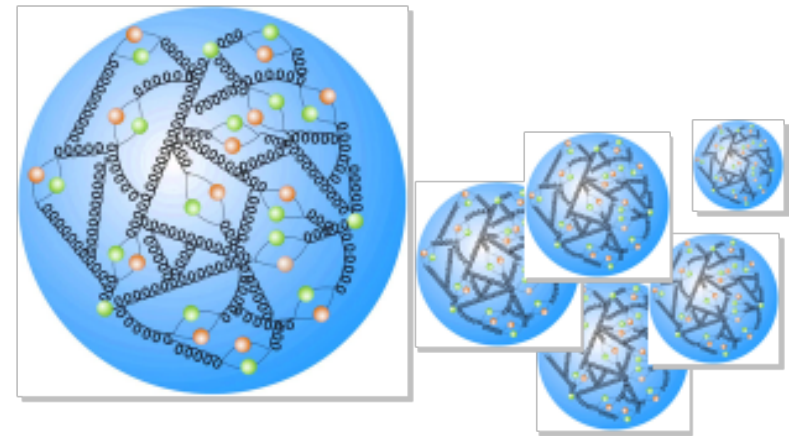


Collision de protons – qu'est-ce que ca veut dire?

Groupe de protons n°1



Groupe de protons n°2



Collision a TRES haute énergie!!!